Изследване върху емулгиращо-стабилизиращите свойства на пребиотични инулинови препарати с различна степен на полимеризация

Пантелей Денев, Надежда Петкова, Иванка Петрова, Стамен Стамов

Study on the emulsifying-stabilizing properties of inulin prebiotic preparation with different degree of polymerisation: *The influence of the degree of polymerization of inulin prebiotic formulas used in the preparation of 50% (w/w) model O/W emulsion has been investigated. The rheological properties, dispersibility and stability of the resulting emulsions were studied in the current research. The obtained results revealed that from all tested soluble fibers, inulin with a degree of polymerization (DP) 25 incorporated in the emulsion gave the most stable emulsion compositions characterizing with the highest degree of dispersibility.*

Key words: *Inulin, Fructooligosaccharides, Emulsion stability, Dispersion*

ВЪВЕДЕНИЕ

Инулинът е резервен полизахарид, чиято верига е съставена основно от *β*-(2→1) фруктозил-фруктозни остатъци (F_m), в повечето случаи завършва с един глюкопиранозен остатък (GF_n). Степента на полимеризация (DP) на инулина варира между 2 и 70. Олигофруктозите (или фруктоолигозахаридите) спадат към групата на инулина, като тяхната DP е между 2 и 12. За промишленото им получаване се използват цикория, топинамбура и далия [4, 5].

Високомолекуленният инулин е бяло прахообразно вещество без мириз, с неутрален вкус, без страничен аромат и послевкус. Проявява определени физиологични въздействия (пребиотично действие, ефект на фибрите) и функционални свойства (водоразтворимост, гелообразуване и др.), което обуславя неговото приложение в хранителните технологии [3]. Инулинът и фруктоолигозахаридите се класифицират като хранителна съставка, нямат Е-номер [2]. Те притежават уникални свойства с голяма значимост не само за храненето, но и при производството на храни, защото подобряват органолептичните свойства на продукта. Фруктоологозахаридите се използват като подсладители, а инулинът като заместител на мазнини, пълнител, сгъстител, текстуриращ агент, допринася за вкуса и усешането в устата. [3] Също така се разширяват и изследванията върху масленоводните емулсии, приготвяни с инулинови препарати с различна степен на полимеризация. Изследва се влиянието им върху водната среда на дисперсните системи, върху емулгиращо-стабилизиращите и други свойства. Задълбочават се изследванията, показващи възможностите за практическо приложение на различнополимерни инулинови препарати в хранителната промишленост като емулгатори, сгъстители, структурообразуватели.

Целта на настоящото изследване е да се проучи влиянието на инулинови препарати с различна степен на полимеризация върху основни характеристики на М/В емулсии, за използването им в хранителните технологии.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За приготвяне на масленоводните емулсии са използвани търговски инулинови препарати със степен на полимеризация (DP) съответно: фруктоолигозахариди *Frutafit CLR* с DP 7-9 и *Frutafit HD* (DP 9-12) (*Rosendaal, The Netherlands*) и инулин *Raftiline HPX* със средна DP 25 (*Beneo, Belgium*). Моделните М/В емулсии с емулгатор инулинов препарат са приготвяни с концентрация на препарата (в % спрямо водата) 10% и маслена фаза (МФ) слънчогледово масло, в количество 50%. Емулгирането е извършено на лабораторен хомогенизатор *POLYTRON® Kinematica GmbH PT-G 45/80*, (*Switzerland*) при 523 rad.s^{-1}.

Вискозитетните характеристики на получените с емулсии са определяни на вискозиметър тип "*Fungilab Premium" (Spain*). За определяне на тяхната дисперсната характеристика е използван методът за анализ на дигитални изображения – *Image Analysis* [1]. Компютърната обработка е извършена със софтуерна програма за анализ на микроскопски изображения ,,*UTHSCSA ImageTool – Version 3.0*", САЩ. Заснемането на дигиталните изображения на пробите е осъществено с помощта на микроскоп BOECO BM-180, оборудван с дигитална камера MDCE-5 USB 2.0.

Статистическата обработка на данните от анализите е извършена чрез ANOVA, еднофакторен и двуфакторен дисперсионен анализ, с повече наблюдения за всяко ниво на разглежданите фактори и при ниво на доверие p=0,05.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Съгласно поставените цели в настоящото изследване, на приготвяните с инулинови препарати моделни М/В емулсии са проведени изследвания за охарактеризиране и анализ на техните дисперзитетни, вискозитетни и стабилитентни характеристики.

Анализ на дисперзитета на моделни М/В системи. Дисперзитетните характеристики на хранителните М/В емулсии са важен показател, имащ отношение към структурно-механичните и стабилитетни характеристики на дисперсната система, а от там – и към качествените параметри на потенциални хранителни продукти от емулсионен тип. Дисперзитетът на глобулите зависи от много фактори; от състава и съдържанието на емулгиращи вещества, от процесите на емулгиране и хомогенизиране и др., както и от интензивността на механизмите, водещи до дестабилизирането на емулсията – физически, химични или микробиологични.

В настоящата работа е извършено сравнително изследване върху размера и разпределението на частиците на дисперсната фаза на емулсиите. Анализирани са основни параметри, характеризиращи дисперзитета на моделните емулсии – среден диаметър на частиците $\bar{d}$ (μm), медианен диаметър, степен на дисперсност D (μm^{-1}), Sauter диаметър (d_{32}) и плътност на разпределението, чрез експериментални хистограми.

Представени дисперзитетните характеристики на моделни емулсии с инулини със степен на полимеризация (DP) 7-9, 9-12 и 25 и маслена фаза (МФ) 50%. (табл.1)

Табл. 1

Дисперзитетни характеристики на моделни емулсии

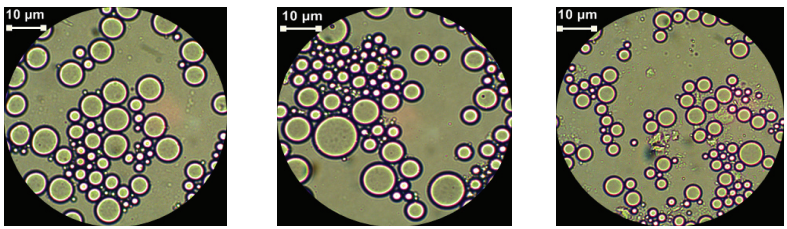
DP	D, μm^{-1}	$\bar{d}$, μm	(*ln* $\bar{d}$)	Md,μm	d_{32}, μm	$\bar{V}$, μm^3	$\bar{S}$, μm^2
7- 9	0,23	4,44±0,12	1,20±0,02	3,35	2,23	257,31±30,56	115,35±7,78
9-12	0,23	4,41±0,10	1,20±0,02	2,8	1,85	190,08±22,70	102,47±6,06
25	0,27	3,64±0,07	1,10±0,02	2,6	1,32	83,68±6,98	63,58±3,11

DP – степен на полимеризация на инулините; D – дисперзитет; $\bar{d}$ – среден диаметър, Md – медианен диаметър, d_{32} – Sauter диаметър на маслените глобули; (ln $\bar{d}$) – логаритъм от диаметъра на маслените глобули; $\bar{V}$ – среден обем и $\bar{S}$– средна повърхност на група от маслените глобули

Анализът на дисперзитета показва, че с увеличаване степента на полимеризация на инулина се подобряват дисперзитетните характеристики на М/В емулсиите, което се илюстрира с показателя „среден диаметър". Друг показател за подобряване на дисперзитетните характеристики при увеличаване степента на полимеризация на инулина е *Sauter* диаметър (d_{32}). Той отчита обема и общата

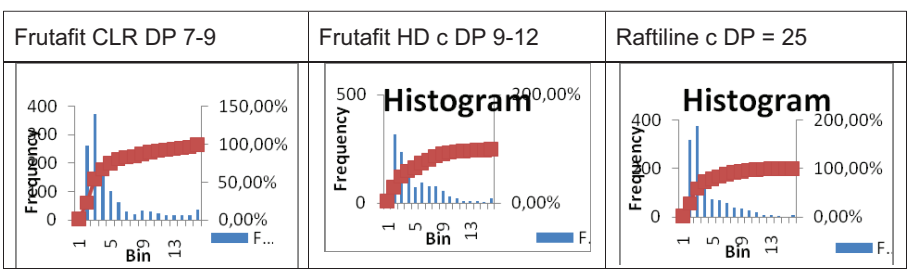
повърхност на дисперсните частици в даден обем на пробата. *Sauter* диаметърът е обратно-пропорционален на специфичната повърхност на изследваните колоидни частици и се използва за характеризиране на тяхната фиността на диспергиране. При емулсиите с инулин DP 25, *Sauter* диаметърът е 1.32 μm, почти два пъти по-малък в сравнение с този, при емулсиите с фруктоолигосахариди DP 7-9 – 2,23 μm.

Зависимостта между различната степен на дисперсност и промяната в степента на полимеризация на инулиновите препарати е илюстрирана чрез микрофотограми на емулсии (фиг. 1).



А) Б) В)

Фиг. 1. Микрофотограми на моделни М/В емулсии, приготвени с инулинови препарати с различна степен на полимеризация (DP): фруктоолигозахариди с А) DP 7-9; Б) DP 9-12 и В) инулин с DP 25



Фиг. 2. Експериментални хистограми на моделни емулсии с инулин

Разпределенията по среден диаметър на маслените глобули от дисперсната фаза са представени, чрез експериментални хистограми (Фиг. 2). С най-висока степен на дисперсност се характеризират емулсиите получени с инулин със степен на полимеризация 25 – 0,27

Извършен е еднофакторен дисперсионен анализ за установяване влиянието на фактора степен на полимеризация на инулина върху размера на маслените глобули при три нива на фактора – 7-9, 9-12 и 25. Извадките, получени при извършени 3 повторения за всяко от нивата на факторите принадлежат към нормално разпределена групова съвкупност. Факторът степен на полимеризация на инулина влияе върху размера на маслените глобули при изпълнено условие ($F_{набл}$ = 19,81 > $F_{кр}$ = 3).

За установяване на статистически различия между отделните нива в групата са извършени множествени сравнения по метода на Шефе: LSD = 0,23 .

От получените резултати могат да се направят следните изводи и заключения: средните диаметри на глобулите от дисперсната фаза при нива на фактора 7-9 и 9-12 са статистически неразличими при α = 0,05 и неравенството: 0,04 < LSD ≈ 0,23

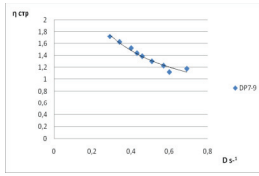
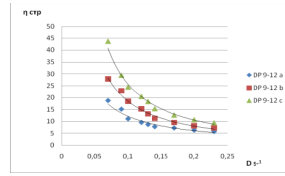
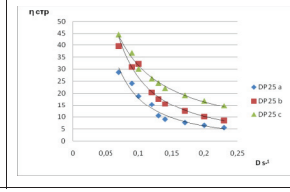
Между нивата 9-12 и 25 % средните диаметри са статистически различими 0,77 > LSD ≈ 0,23. Статистически различими са и средните диаметри при нива на фактора 7-9 и 25%, защото разликата в стойностите е по-голяма и пак ще е изпълнено горното неравенство 0,8 > LSD ≈ 0,23

Анализ на вискозитетните (реологичните) свойства. За проучване на реологичното поведение на емулсии с инулинови препарати с различна степен на полимеризация (DP) бяха измерени и анализирани някои основни вискозитетни характеристики, както и построени реограми в координати η/D (фиг. 3.). Зависимостта на структурния вискозитет ($\eta_{стр}$) емулсиите от степента на полимеризация на инулина е показана и чрез графигите на фиг. 4.

Факторът степен на полимеризация на инулина значимо влияе върху структурния вискозитет на моделните емулсии при изпълнено условие:

$F_{набл}\,c = 11124{,}96 > F_{кр}c = 2{,}17$

Данните показват, че с увеличаване степента на полимеризация на инулина от 7-9, 9-12 на 25, структурният вискозитет значително нараства. Моделните емулсии с инулин с ниска степен на полимеризация (DP 7-9) са с най-ниски стойности на структурен вискозитет – при D=0,29 s^{-1} $\eta_{стр}$=1,7 Pa.s. След 24 часа съхранение емулсиите се дестабилизират, като ясно се очертават слой утайка и фина емулсия.

Frutafit CLR с DP 7-9	Frutafit HD с DP 9-12	Raftiline с DP = 25
		

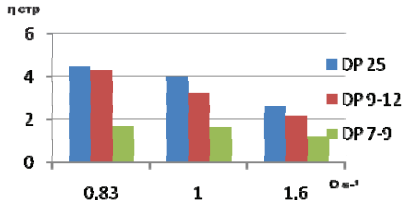
Фиг. 3. Изменение на структурния вискозитет (η, Pa.s) на моделни емулсии с инулин след 24 h (a); 48 h (b) и 72 h (c)

При по-високите степени на полимеризация на инулина се формират стабилни емулсии, като вискозитетът нараства до 1,5 пъти при емулсии с инулин с DP=25 и до 2,3 пъти при тези с инулин DP=9-12 след 72 ч съхранение. Това най-вероятно се дължи на допълнително структуриране на системите.

Изследваните емулсии показват ненютоново поведение, по-ясно изразено при емулсии приготвени с инулини с по-висока степен на полимеризация. Реологичният тип на емулсиите е показан чрез реограмите на фиг. 3. Най-слабо изразено ненютоново поведение имат емулсиите приготвени инулин с най-ниска степен на полимеризация, отнасящ се към групата на фруктоолигозахаридите; степента на аномалия (тенденция към по-силно изразено ненютоново поведение) се засилва с увеличаване на степен на полимеризация на инулина. С увеличаване на скоростния градиент (D) от 0,07 на 0,23 s^{-1}, структурният вискозитет намалява. Интензивността на намалението нараства с повишаване степента на полимеризация. При моделните емулсии със степен на полимеризация 9-12 е отчетено намаляване до 3,2 пъти, а при емулсиите със степен на полимеризация 25 намалението е до 5,7 пъти. При емулсиите получени с ниската степен на полимеризация на инулин (DP 7-9) с нарастване на скоростния градиент от 0,29 на 2,69 s^{-1} намалението е сравнително малко – 1,5 пъти.

Илюстрирано е и влиянието на степента на полимеризация върху вискозитета на емулсиите (Фиг. 4). При различните скоростни градиенти по-високата степен на полимеризация на вложения инулин в приготвената емулсия (DP) води до

нарастване на структурния вискозитет ($\eta_{стр}$). Така при емулсии с инулин с DP 25, $\eta_{стр}$ е по-висок, в сравнение с емулсиите, приготвени с инулин с DP 7-9, в зависимост от скоростния градиент (D).



Фиг. 4. Влияние на степента на полимеризация на инулинови препарати (DP 7-9; 9-12; 25) върху структурния вискозитет ($\eta_{стр}$) на М/В емулсии при различни скоростни градиенти (D 0,83; 1; 1,6 s^{-1})

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С повишаване степента на полимеризация на инулина дисперзитетните характеристики на изследваните М/В дисперсни системи се подобряват, което ясно се илюстрира чрез показателите „среден диаметър" ($d_{ср.}$) и *Sauter* диаметър (d_{32})., Повишаването степента на полимеризацията на инулина подобрява значително характера на полидисперсност на изследваните моделни емулсии. С най-висока степен на дисперсност се характеризират емулсиите с инулин със степен на полимеризация 25. Изследваните емулсии показват поведение наподобяващи ненютонови течности, по-ясно изразено при тези емулсии, получени с инулини с по-висока степен на полимеризация.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Петрова Ив., Ц. Десев, Изследвания върху дисперзитета на дисперсни системи от емулсионен тип с елда, „50 години ИИРХ. Храни, технология и здраве", 2012, 039-042;

[2] Bekkum, H. van, Röper H., Voragen A.G.J. Carbohydrates as Raw Organic Materials III, 1994;

[3] Frank, A., Technological functionality of inulin and oligofructoses, British Journal of Nutrition, 2002, 87(2), 287–291;

[4] Niness K., Inulin, Oligofructose: What Are They J. Nutr., 1999, 129 ,1402-1406;

[5] Van Laere, A., Van Den Ende, Inulin metabolism in dicots: chicory as a model system, Plant, Cell and Enviroment, 2002, 25, 803-813.

За контакти:

Доцент д-р инж. Пантелей Петров Денев, Катедра "Органична химия", Университет по хранителни технологии, гр. Пловдив, бул. Марица 26, e-mail: denev57@abv.bg

Докторант инж. Надежда Трайчева Петкова, Катедра "Органична химия", Университет по хранителни технологии, гр. Пловдив, бул. Марица 26, 4002, тел.: 0888840789, e-mail: petkovanadejda@abv.bg

Главен асистент д-р инж. Иванка Василева Петрова, Катедра „Хранене и туризъм", Университет по хранителни технологии, гр. Пловдив, бул. Марица 26, e-mail: vania_petrova@mail.bg

Професор д.т.н. инж. Стамов Николов Стамов, Катедра „Туризъм", Колеж по икономика и администрация, Пловдив, e-mail: ststamov@abv.bg

Докладът е рецензиран