

Mat från naturen eller laboratorium

- färgämnen från naturligt odlade trädgårdsprodukter och deras syntetiskt framställda motsvarigheter

Food from nature or laboratory

- food dyes from naturally grown horticultural products and their synthetically produced equivalents

Linnea Kantis



Självständigt arbete • 15 hp
Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram
Alnarp 2020

Mat från naturen eller laboratorium

- färgämnen från naturligt odlade trädgårdsprodukter och deras syntetiskt framställda motsvarigheter

Food from nature or laboratory

- food dyes from naturally grown horticultural products and their synthetically produced equivalents

Linnea Kantis

Handledare: Marie Olsson, SLU, Institutionen för växtförädling

Examinator: Lars Mogren, SLU, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

Kurskod: EX0495

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Athina Kantis

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: färgämnen, livsmedelstillsats, E-nummer, odling, trädgårdsgrödor, karotenoid, klorofyll, antocyan, betanin, azofärg

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Hur vi odlar och producerar våra livsmedel har stor betydelse för hur vi kommer kunna lösa många av världens stora utmaningar. I detta arbete hoppas jag kunna bredda bilden av hur våra trädgårdsgrödor kan användas samtidigt som jag vill öka förståelsen för varför produktionen av livsmedel ser ut som den gör idag.

Jag vill tacka de som hjälpt mig under arbetets gång.

Ett särskilt tack till:

Min handledare Marie Olsson för att du varit ett bra bollplank under processens gång.

Athina Kantis för att ditt bidrag, den vackra omslagsbilden föreställande trädgårdsprodukter som kan användas vid framställning av naturliga livsmedelstillsatser.

Min man Simon Kantis för det stöd och avlastning du gett mig i skrivandet och i livet runt omkring.

Linnea Kantis

Jönköping, 2020

Sammanfattning

Livsmedelstillsatser har använts i mat under lång tid och är vanliga i den mat vi konsumerar än idag. Det finns ett gediget regelverk kring livsmedelstillsatser och en livsmedelstillsats får inte användas utan att bli godkänd och klassad som säker av Efsa, Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet. Trots detta finns det en stor skepticism mot användandet av livsmedelstillsatser bland allmänheten, i synnerhet mot färgämnen. Denna litteraturstudie syftar till att visa på varför livsmedelstillsatser används, samt vilka skillnader det finns mellan olika livsmedelstillsatser. Skillnaderna är beskrivna i avseendet ursprung, funktion, odlingsmetod, framställning och effektivitet. Fokus i studien är livsmedelstillsatser av typen färgämnen med naturlig härkomst. I arbetet lyfts de vanligaste färgämnena som återfinns i trädgårdsgrödor och som kan odlas i svenskt klimat fram. En kort beskrivning görs av de syntetiskt producerade motsvarigheter som finns till de naturliga färgämnena. Genom studien har framkommit att livsmedelstillsatser är nödvändiga för att kunna upprätthålla en säker och hållbar produktion av mat och för att ge attraktiva livsmedel. Studien visar att det finns skillnader i framställning, effektivitet, stabilitet och acceptans mellan naturligt och syntetiskt producerade livsmedelstillsatser. Syntetiskt producerade livsmedelstillsatser är generellt sett billigare och stabilare att framställa, medan naturligt producerade livsmedelstillsatser är mer accepterade hos konsumenterna.

Abstract

Food additives have been used in food for a long time and are common in the food we consume today. There is a detailed regulatory framework for food additives, and food additives are not allowed to use unless they are approved and classified as safe by Efsa, the European Food Safety Authority. Despite this, there is a great deal of skepticism about the use of food additives among the general public, especially for dyes. This literature study aims to show why food additives are used and what differences there are between different food additives. The differences are described in terms of origin, function, cultivation methods, production and efficiency. The focus of the study is food additives of the type dyes of natural origin. The study highlights the most common dyes found in horticultural crops and which can be grown in Swedish climate. A brief description is made of the synthetically produced equivalents available to the natural dyes.

The study has shown that food additives are necessary to maintain a secure and sustainable food production and to supply attractive food. The study has also concluded that there are differences in production, efficiency, stability and acceptance between naturally and synthetically produced food additives. Synthetically produced food additives are generally cheaper and more stable to produce, while naturally produced food additives are more accepted by consumers.

Innehållsförteckning

1. Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Typer av tillsatser	10
1.2.1 Ursprung	10
1.2.2 Funktionsgrupper	10
1.3 Undantag - ämnen som inte anses vara livsmedelstillsatser	11
1.3.1 Ingrediens	12
1.3.2 Arom	12
1.3.3 Extrakt	12
1.3.4 Enzym	13
1.4 Syfte och frågeställningar	13
1.5 Material och metod	14
1.6 Avgränsningar	14
2. Resultat	15
2.1 Därför används livsmedelstillsatser	15
2.1.1 Därför används färgämnen	15
2.2 Naturliga färgämnen och dess syntetiska motsvarigheter	16
2.3 Naturliga färgämnen	18
2.3.1 Karotenoider	18
2.3.2 Antocyaniner	20
2.3.3 Betalain	21
2.3.4 Klorofyller	23
2.4 Syntetiska färgämnen	24
2.4.1 Azofärger	24
2.5 Tillverkningsprocess	26
2.5.1 Odlingsmetoder för naturligt producerade livsmedelstillsatser	27
2.5.2 Framställning av livsmedelstillsatser	28
2.5.3 Skillnader mellan naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser	29
3. Diskussion	31
3.1 Metod och arbetsprocess	31
3.3 Användningen av livsmedelstillsatser	31
3.4 Val av färgämnen i studien	32
3.5 Skillnader mellan naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser	33
3.6 Framtidsutsikter	33
4. Slutsats	34
5. Vidare studier	36
6. Referenser	37

Förkortningar och ordförklaringar

EFSA	Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet
E-nummer t.ex. E162	Numrering av de tillsatser som är godkända att använda inom EU.
EU	Europeiska unionen
FDA - U.S. Food and Drug Administration	USA:s livsmedels- och läkemedelsmyndighet
HPLC - High performance liquid chromatography	Högupplösande vätskekromatografi. En analysmetod för identifiering och kvantifiering av ämnen.
Livsmedelstillsats	Se definition från (artikel 3.2 a) i förordning (EG) nr 1333/2008) under rubriken Bakgrund, sidan 9.
SNF - Swedish Nutrition Foundation	Ideell förening grundad på initiativ av livsmedelsbranschen för att främja nutritionsrelaterad forskning.
Tillsats	I denna studie används begreppet "tillsats" enligt samma definition som "livsmedelstillsats", se ovan.
Trädgårdsgrödor	Grönsaker och frukter som används till mat samt blommor och andra prydnadsväxter som används för estetisk och visuell njutning eller för medicinska ändamål.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Det finns en lång tradition av att använda olika typer av livsmedelstillsatser för att förbättra matens hållbarhet och göra livsmedel mer attraktiva och välsmakande (Saltmarsh, 2013).

Varje livsmedelstillsats som används har godkänts för specifika användningsområden. Det betyder att livsmedelstillsatser inte får användas generellt i all mat utan bara för de specifika livsmedel eller livsmedelsgrupper som livsmedelstillsatsen godkänts för (Livsmedelsverket, 2017b).

Vad som innefattas under begreppet livsmedelstillsats enligt svenska regelverk styrs av den definition som finns att läsa i artikel 3.2 a) i förordning (EG) nr 1333/2008.

En livsmedelstillsats är där beskriven som: "Varje ämne som normalt inte i sig konsumeras som ett livsmedel och som normalt inte används som en karakteristisk ingrediens i livsmedel, oavsett om det har något näringsvärde eller inte, och som liksom dess biprodukter på goda grunder kan antas direkt eller indirekt bli en beståndsdel i livsmedel när det för något tekniskt ändamål avsiktligt tillförs sådana vid framställning, bearbetning, beredning, behandling, förpackning, transport eller lagring." (Europeiska unionen, 2008b)

Livsmedelstillsatser får inte användas utan att vara godkända. Livsmedelstillsatser godkänns inom Europeiska unionen av EU-kommissionen med insyn av Europaparlamentet och Europeiska unionens råd för användning i livsmedel och får i och med ett godkännande ett så kallat E-nummer. E-numret består av ett "E" följt av en tresiffrig kod. (Livsmedelsverket, 2018b)

Det är EFSA, Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet som ansvarar för kontroll och säkerhet rörande livsmedelstillsatser i Europa (Gallena & Plab, 2013; Carocho et al., 2014). I USA styr FDA, the Food and Drug Administration vilka regler som gäller för livsmedelstillsatser (Carocho et al., 2014).

1.2 Typer av tillsatser

Livsmedelstillsatser kan delas in efter ursprung eller funktionsgrupp. Ursprungets indelning visar vilken tillverkningsmetod som använts för att framställa livsmedelstillsatserna medan indelningen efter funktionsgrupp beskriver livsmedelstillsatserna utifrån användningsområde eller funktion (Carocho et al., 2014).

1.2.1 Ursprung

Tillsatser kan delas in i olika huvudgrupperingar efter deras ursprung och tillverkningsmetod. De olika grupperna är naturliga tillsatser, naturidentiska tillsatser, semisyntetiska tillsatser, metallföreningar och syntetiska tillsatser. De naturliga tillsatserna utvinns genom lösningsextraktion med efterföljande rening direkt från naturliga källor såsom växter, alger och djur. De naturidentiska tillsatserna produceras syntetiskt med en strävan att efterlikna ett naturligt ämne. De semisyntetiska tillsatserna består i grunden av naturliga ämnen men de naturliga beståndsdelarna modifieras kemiskt (Carocho et al., 2014; König, 2015; Solymosi et al. 2015; Sjögren Bolin, 2019). Syntetiska tillsatser produceras artificiellt av kemiskt framställda råvaror (Carocho et al., 2014). Metaller och metallföreningar, exempelvis silver, E174 kan användas för att färga livsmedel (Livsmedelsverket, 2018a; Sjögren Bolin, 2019). Flera livsmedelstillsatser kan tillverkas syntetiskt men återfinns också naturligt (Gunnerud & Bryngelsson, 2015).

Carocho et al. (2014) ser en trend mot att användningen av de naturligt framställda tillsatserna ökar. De menar att företag känner sig pressade att byta ut sina traditionellt använda syntetiska livsmedelstillsatser till naturligt framställda livsmedelstillsatser som en konsekvens av att allmänheten blir allt mer intresserad av hur maten de äter produceras. Det finns en allmän uppfattning av att syntetiskt framställda livsmedelstillsatser bör undvikas i mat på grund av osäkra hälsoaspekter (Carocho et al., 2014). Gunnerud & Bryngelsson (2015) fastslår dock att oavsett tillverkningsmetod för den specifika livsmedelstillsatsen har slutprodukten av denna livsmedelstillsats exakt samma molekylstrukturer. Även de hälsomässiga egenskaperna är desamma (Gunnerud & Bryngelsson, 2015).

1.2.2 Funktionsgrupper

Man kan också dela in livsmedelstillsatser efter vilka tekniska funktioner de har i livsmedlen, så kallade funktionsgrupper (Carocho et al., 2014; Livsmedelsverket, 2018b).

Livsmedelstillsatser delas huvudsakligen in efter följande funktioner: färgämnen,

konserveringsmedel, antioxidationsmedel, emulgerings- stabiliserings- förtjocknings- och geleringsmedel, övriga tillsatser och sötningsmedel (Livsmedelsverket, 2018a). Indelningen efter funktion förtydligar varför livsmedelstillsatsen används i ett livsmedel. Samma livsmedelstillsats kan användas för olika funktioner i ett livsmedel och kan därmed också tillhöra flera funktionsgrupper (Livsmedelsverket Finnish Food Authority, 2019). Färgämnen tillför eller återställer färg hos livsmedel. Konservingsmedel och antioxidantmedel används för att förlänga hållbarheten på livsmedel. Emulgerings- stabiliserings- förtjocknings- och geleringsmedel förändrar strukturen på livsmedlen och möjliggör att ämnen som normalt inte kan blandas, nu kan bindas samman. Sötningsmedel ger livsmedel söt smak. (Livsmedelsverket Finnish Food Authority, 2019) Övriga tillsatser är en sammanslagning av övriga funktionsgrupper (Livsmedelsverket, 2020a). Här ingår till exempel smakförstärkare, ytbehandlingsmedel och förpackningsgaser (Livsmedelsverket, 2020a).

Ordningsnumret på de E-nummer som varje godkänd livsmedelstillsats får talar om vilken funktionsgrupp som den berörda livsmedelstillsatsen tillhör. Färgämnen får nummer mellan 100–180. Konservingsmedlen får nummer mellan 200–297, och därefter följer antioxidationsmedlen med numren 300–392 (Livsmedelsverket, 2018a). Emulgerings- stabiliserings- förtjocknings- och geleringsmedel har nummer mellan 400 och 499 (Livsmedelsverket, 2018a). Därefter kommer den kategori som kallas övriga tillsatser. Detta är en stor kategori med nummer mellan 500–949 (Livsmedelsverket, 2018a). De högsta numren har sötningsmedlen (Livsmedelsverket, 2018a). Deras nummer sträcker sig mellan 950–966 (Livsmedelsverket, 2018a).

1.3 Undantag - ämnen som inte anses vara livsmedelstillsatser

Det finns många ämnen som används i livsmedel men som inte klassas som livsmedelstillsatser (Europeiska unionen, 2008b). Hur ett ämne klassas beror på vad syftet med användningen av ämnet är. De olika klassningarna har sedan betydelse för vilka lagar och regler som gäller specifika ämnen (Livsmedelsverket, 2018b). Aromer, ingredienser, extrakt och enzymer är benämningar som ofta nämns i samband med livsmedelstillsatser. Här följer därför en genomgång av vad de olika begreppen egentligen innefattar.

1.3.1 Ingrediens

Med undantag för livsmedelstillsatser klassas alla ämnen som används i mat vid tillverkning eller beredning som ingredienser så länge de tillförda ämnena finns kvar i den färdiga produkten. Om livsmedelstillsatser används i sin grundform i processad mat ska dock även livsmedelstillsatserna redovisas som ingredienser (FAO och WHO, 2007).

Citronjuice är ett exempel på en ingrediens, som ofta används för att förstärka syrligheten i mat. Skulle syran i citronjuicen extraheras kallar man dock inte syran för ingrediens. Syran benämns då som livsmedelstillsatsen Citronsyra E330 (Saltmarsh, 2013).

1.3.2 Arom

Aromer är produkter, som likt livsmedelstillsatser inte är avsedda att konsumeras i sig själva, utan som tillförs livsmedel. De tillförs för att ge eller förändra smak och/eller lukt. Framställs eller består ämnet som tillförts livsmedlet av aromämnen, aromberedningar, värmereaktionsaromer, rökaromer, aromprekursorer och/eller andra aromer klassas de som aromer. (Europeiska unionen, 2008a)

1.3.3 Extrakt

Det finns ingen klar definition på vad ett extrakt är, vilket gör extrakt till en grupp ämnen som kan vara svåra att kategorisera.

Om ett extrakt som ingår i ett livsmedel uppfyller de krav som ställs i definitionen av en livsmedelstillsats (artikel 3.2 a) i förordning (EG) nr 1333/2008 anses extraktet vara en tillsats enligt europeiska regler. Är definitionen däremot inte uppfylld klassas extrakt som en ingrediens (Livsmedelsverket, 2018b).

Det betyder att om ett extrakt anses vara en tillsats eller en ingrediens enligt europeiska regler styrs av på vilket tillverknings sätt som extraktet framställts, hur användningen ser ut och vilka egenskaper som extraktet har (Solymosi et al., 2015). Skulle det visa sig att extraktet klassas som en livsmedelstillsats måste det godkännas enligt gällande regelverk för godkännande av livsmedelstillsatser (Livsmedelsverket, 2018b).

Utanför Europeiska unionen kan regelverket se annorlunda ut (Solymosi et al., 2015).

1.3.4 Enzym

Enzymer får liksom livsmedelstillsatser endast tillföras livsmedel om de har en teknisk funktion i livsmedlet. Den tekniska funktionen kan ske under framställningen, bearbetningen, beredningen, behandlingen, förpackningen, transporten eller lagringen av livsmedlet.

Livsmedelsenzymerna framställs av växter, djur eller mikroorganismer alternativt av produkter från dessa. Även produkter som framställs genom fermentering med mikroorganismer går under begreppet enzym så länge produkten lever upp till de andra kraven ställda för enzymer. Livsmedelsenzymerna innehåller ett eller flera enzymer som genom katalysering kan skapa en specifik biokemisk reaktion (Europeiska unionen, 2008c).

Enzymer förekommer i alla levande organismer. Enzymernas uppgift i de levande organismerna är att påskynda kemiska reaktioner (Livsmedelsverket, 2008).

1.4 Syfte och frågeställningar

Med bakgrund i det utbredda användandet av livsmedelstillsatser och den potentiellt växande marknad som finns för trädgårdsprodukter för produktion av livsmedelstillsatser är det relevant att göra en översyn av vilka naturliga livsmedelstillsatser som används i mat idag. Flera funktioner som en livsmedelstillsats ska fylla kan uppnås både med hjälp av syntetiskt framställda och naturligt producerade livsmedelstillsatser (Gunnerud & Bryngelsson, 2015). Det är därför intressant att undersöka om det finns skillnader i hur naturliga livsmedelstillsatser används, med avseende på mängd, förekomst och framställning, jämfört med syntetiska livsmedelstillsatser. Studien har som syfte att öka medvetenheten kring vad en livsmedelstillsats är, samt bredda synen av möjliga användningsområden för trädgårdsgrödor med fokus på livsmedelstillsatser inom funktionsgruppen färgämnen.

- Vilka funktioner fyller livsmedelstillsatser?
- Vilka naturliga ämnen, med ursprung från trädgårdsgrödor, används idag för framställning av livsmedelstillsatser inom funktionsgruppen färgämnen?
- Hur går framställningen av livsmedelstillsatser med ursprung från trädgårdsgrödor till?
- Har de naturliga livsmedelstillsatserna samma effekt som de syntetiska motsvarigheterna?

1.5 Material och metod

Denna litteraturstudie bygger dels på vetenskapliga artiklar och böcker som har sökts via SLU:s biblioteks sökmotor Primo samt Google Scholar, men även andra källor såsom myndighetssidor och EU-förordningar har använts.

1.6 Avgränsningar

Studien inriktar sig främst på livsmedelstillsatser i funktionsgruppen färgämnen. Fokus ligger på de vanligaste färgämnena som extraheras från trädgårdsgrödor. Livsmedelstillsatser som framställs syntetiskt men som också finns naturligt i växter behandlas ej. En jämförelse mellan naturliga tillsatser och deras syntetiska motsvarigheter genomförs dock i studien. Grödorna som livsmedelstillsatserna ursprungligen kommer ifrån ska kunna odlas i Sverige i större skala. Exotiska växter behandlas därmed inte. Lagstiftning kring livsmedelstillsatser samt hur regleringen skiljer sig åt över världen kommer endast behandlas indirekt i studien. Risker med och överkänslighet mot livsmedelstillsatser behandlas ej.

2. Resultat

2.1 Därför används livsmedelstillsatser

Livsmedelstillsatser kan används för att göra maten säkrare genom att bevara maten från bakterier eller genom att förhindra oxidation och andra kemiska reaktioner (Saltmarsh, 2013). Livsmedelstillsatserna hjälper därmed till att öka matens hållbarhet (Livsmedelsverket, 2019a). Annars används livsmedelstillsatser för att göra maten mer välsmakande, ge livsmedel färg eller för att förbättra matens konsistens (Saltmarsh, 2013; Livsmedelsverket, 2019a).

I handeln används livsmedelstillsatser för att göra livsmedlen mer attraktiva för kunderna samt för att tillföra variationer i livsmedlen (Carocho et al., 2014; Feketea & Tsabouri, 2017).

Saltmarsh (2013) menar att livsmedelstillsatser är väsentliga vid produktionen av livsmedel då marknaden är utmanande och kraven på säkerhet och kvalitet ständigt ökar (Saltmarsh, 2013). SNF, Swedish Nutrition Foundation beskriver hur livsmedelstillsatser kan lösa många av de problem som kan finnas vid produktionen av livsmedel. De förklarar bland annat att emulgeringsmedel kan förändra ytspänningen i en produkt och på så vis hjälpa till att hålla ihop livsmedel som annars skulle skurit sig, exempelvis på grund av att de innehåller vatten och olja. SNF konstaterar också att producenter på ett effektivt sätt kan hålla nere kostnaden och förenkla produktionen genom att byta ut dyra och svårtillgängliga råvaror mot mer lättillgängliga och billigare livsmedelstillsatser med liknande egenskaper (Gunnerud & Bryngelsson, 2015).

2.1.1 Därför används färgämnen

Färgämnen används främst för att ge eller återställa färg hos livsmedel, men även för att göra livsmedel mer tilltalande och attraktiva för konsumenterna (Breithaupt, 2004; Saltmarsh, 2013; Livsmedelsverket, 2019a).

Färger och färgämnen har använts under lång tid i livsmedel för att dekorera och färga maten. Man har bland annat använt produkter som saffran, spenat och juice av persilja för pigmentering.

Färger och utseende har starka kopplingar till hur vi upplever vår omgivning och även mat (Singh, 2006; Saltmarsh, 2013). De kan ge oss information om kvalitet och förväntad smak av ett livsmedel (Francis, 1995; Singh, 2006).

Inom 90 sekunder från första synen av en produkt har en konsument bildat sig en uppfattning om produkten. Upp till 90 % av bedömningen av ett livsmedel är baserad på färg (Singh, 2006).

Saltmarsh (2013) beskriver hur en sylt med röda bär, till exempel jordgubbar, kan bli brun vid beredning eftersom den naturligt röda färgen i bären inte är stabil nog för att klara tillverkningsprocessen. Konsumenterna förväntas sig dock att sylten ska vara röd precis som obehandlade jordgubbar. För att öka livsmedlets attraktivitet återförs ofta röd färg i form av en livsmedelstillsats (Saltmarsh, 2013). Skulle den röda färgen inte återföras till sylten skulle konsumenterna med stor sannolikhet bestämma sig för att inte konsumera produkten. Det beror på att de förväntningar som konsumenten hade på livsmedlets färg inte skulle varit uppfyllda (Singh, 2006).

2.2 Naturliga färgämnen och dess syntetiska motsvarigheter

I Europaparlamentet och rådets förordning (EG) nr 1333/2008 står att ett färgämne är ett ämne som “tillför eller återställer färg hos livsmedel, inklusive naturliga beståndsdelar i livsmedel och naturliga ursprungsmaterial, som normalt inte i sig konsumeras som livsmedel och som normalt inte används som en karakteristisk ingrediens i livsmedel.” (Europeiska unionen, 2008b). Vidare går också att läsa att “Beredningar som framställs från livsmedel och andra ätliga naturliga ursprungsmaterial genom en fysikalisk och/eller kemisk extraktion som leder till en selektiv extraktion av pigmenten i förhållande till de näringsmässiga eller aromatiska beståndsdelarna är färgämnen.” (Europeiska unionen, 2008b). Färgämnen ska förutom att ge färg åt livsmedel och göra dem mer tilltalande visuellt även kunna återställa ett livsmedels ursprungliga färg som påverkats genom exempelvis lagring, bearbetning eller distribution (Europeiska unionen, 2008b).

Det finns 40 godkända livsmedelstillsatser i funktionsgruppen färgämnen (Gunnerud & Bryngelsson, 2015; Livsmedelsverket, 2018a; Sjögren Bolin, 2019). Tabell I sammanställer de godkända färgämnena samt visar hur de vanligtvis produceras och vilken färg de kan ge livsmedel. Naturliga färgämnen kommer huvudsakligen från fyra olika grupper av pigment som kan återfinnas i trädgårdsgrödor, karotenoider, antocyaniner, betalain och klorofyller (Rodriguez-Amaya, 2016). Bland de kemiskt framställda och därmed syntetiska färgämnena återfinns de så kallade azofärgerna (Sjögren Bolin, 2019).

Nedan behandlas de vanligaste grupperna av pigment som återfinns i naturliga råvaror och som används som färgämnen. Den syntetiska motsvarighet som behandlas är de så kallade azofärgämnena.

Tabell I. Sammanställning av godkända livsmedelstillsatser i funktionsgruppen färgämnen. Tabellen visar hur livsmedelstillsatsen vanligtvis produceras och vilken färg färgämnet ger. Tabellen är baserad på information från Livsmedelsverket (Livsmedelsverket, 2018a).

Färgämnena				
E-nummer	Namn	Ursprung	Funktionsgrupp	Färg
E 100	Kurkumin	Naturligt	Färgämne	Gul-gulorange
E 101	Riboflavin	Syntetiskt (naturidentiskt)	Färgämne	Gul-orange
E 102	Tartrazin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Gul
E 104	Kinolingult	Syntetiskt	Färgämne	Gul
E 110	Para-orange	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Gul-orange
E 120	Karmin	Naturligt	Färgämne	Röd
E 122	Azorubin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 123	Amarant	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd-brun
E 124	Nykockin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 127	Erytrosin	Syntetiskt	Färgämne	Röd
E 129	Allurarött AC	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 131	Patentblått V	Syntetiskt	Färgämne	Blå
E 132	Indigotin	Syntetiskt	Färgämne	Blå
E 133	Briljantblått FCF	Syntetiskt	Färgämne	Blå
E 140	Klorofyller	Naturligt	Färgämne	Grön
E 141	Klorofyllkopparkomplex	Semisyntetiskt	Färgämne	Blågrön-blåsvart
E 142	Grön S	Syntetiskt	Färgämne	Grön
E 150a	Sockerkulör	Semisyntetiskt	Färgämne	Röd-brun-mörkbrun-svart
E 150b	Sockerkulör; kaustiksulfitprocessen	Semisyntetiskt	Färgämne	Röd-brun-mörkbrun-svart
E 150c	Sockerkulör; ammoniakprocessen	Semisyntetiskt	Färgämne	Röd-brun-mörkbrun-svart
E 150d	Sockerkulör; ammoniaksulfitprocessen	Semisyntetiskt	Färgämne	Röd-brun-mörkbrun-svart
E 151	Briljantsvart BN	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Svart
E 153	Vegetabiliskt kol	Naturligt	Färgämne	Svart
E 155	Brun HT	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Brun
E 160a	Karotener	Naturligt/Syntetiskt	Färgämne	Gul-orange
E 160b	Annattoextrakt	Naturligt	Färgämne	Gul-orange
E 160c	Paprikaoleoresin	Naturligt	Färgämne	Gul-orange
E 160d	Lykopen	Naturligt/Syntetiskt	Färgämne	Röd
E 160e	Beta-apo-8'-karotenal	Syntetiskt	Färgämne	Orange-röd
E 161b	Lutein	Naturligt	Färgämne	Gul
E 161g	Kantaxantin	Syntetiskt	Färgämne	Orange-röd
E 162	Rödbetsrött	Naturligt	Färgämne	Röd
E 163	Antocyner	Naturligt	Färgämne	Röd-blå
E 170	Kalciumkarbonat	Naturligt	Färgämne	Vit
E 171	Titandioxid	Utvinns ur mineraler	Färgämne	Vit
E 172	Järnoxider & järnhydroxider	Syntetiskt	Färgämne	Gul-gulbrun-rödbrun-svart
E 173	Aluminium	Utvinns ur mineraler	Färgämne	Silvergrå
E 174	Silver	Utvinns ur mineraler	Färgämne	Silver
E 175	Guld	Naturligt	Färgämne	Guld
E 180	Litolubin BK	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd

2.3 Naturliga färgämnen

2.3.1 Karotenoider

Karotenoider kan ge gula, orangea och röda färger vid användning som livsmedelstillsatser (Livsmedelsverket, 2018a). Det finns ca 600 strukturbestämda karotenoider i naturen (Konde et al., 1996; Olsson, 1999; Francis, 2002) och många trädgårdsgrödor innehåller karotenoider (Breithaupt, 2004).

Cirka 40 stycken karotenoider är provitaminer för vitamin A, vilket betyder att de omvandlas till vitamin A i kroppen (Potter & Hotchkiss, 1995; Konde et al., 1996; Livsmedelsverket, 2020d).

Karotenoider delas ofta in i två huvudgrupper baserat på dess kemiska struktur, karotener som består av långa kedjor av kolväten samt xantofyller vars molekyl innehåller syre (Konde et al., 1996). Både karotener och xantofyller är hydrofoba och löses lättast i fett (Amorim-Carrilho et al., 2014).

Fyra olika livsmedelstillsatser baserade på karotenoider kan framställas genom naturliga råvaror, Karoten E160a, Annattoextrakt E160b, Paprikaoleoresin E160c och Lykopen E160d (Livsmedelsverket, 2018a). Annattoextrakt E160b framställs med hjälp av frukten från den tropiska busken Annatto, *Bixa orellana*, och behandlas därför inte vidare i denna studie (Livsmedelsverket, 2020c). Beta-apo-8'-karotenal E160e är också en karotenoid men den framställs endast syntetiskt (Livsmedelsverket, 2020b). Inte heller Beta-apo-8'-karotenal E160e behandlas vidare i denna studie.

2.3.1.1 Karotener - E160a

Färgämnet karoten ger de livsmedel som färgas gul till orange färg (Sjögren Bolin, 2019). Karoten, även kallat betakaroten (β -karoten), E160a är en av våra vanligaste och mest kända karotenoider (Konde et al., 1996; Chapman, 2011; Livsmedelsverket, 2020d). Betakaroten har använts som färgämne under lång tid (Francis, 2002).

Betakaroten E160a kan extraheras ur en mängd frukter och grönsaker som kan odlas i svenskt klimat. Livsmedel som kan användas vid produktion av betakaroten är bland annat tomat, nypon och gröna bladgrönsaker. De största koncentrationerna av betakaroten finner man dock i morötter, *Daucus carota* L. (Konde et al., 1996; Francis, 2002; Amorim-Carrilho et al., 2014; Sjögren Bolin, 2019). I studier har upp till 10 000 μg karoten per 100 g morot uppmätts (Konde et al., 1996). Cirka 80 % av karotenoiderna i morot, *Daucus carota* L. är av typen betakaroten (Francis, 2002).

Betakaroteners kemiska struktur består av en lång kolkedja med en ringformad struktur i var ände och tillhör alltså gruppen karotener (Petersson, 2009b). Precis som övriga karotenoider är betakaroten naturligt fettlöslig, men med hjälp av emulgering kan vattenlösliga betakarotener produceras (Potter & Hotchkiss, 1995; Petersson, 2009b; Chapman, 2011). Betakaroten är känsligare för höga temperaturer än många andra fettlösliga karotenoider. Vid värmebehandling kan koncentrationerna av betakaroten i den behandlade produkten minska (Francis, 2002; Sánchez-Moreno et al., 2006).

Den färdiga livsmedelstillsatsen får användas i många olika livsmedel. Vanliga användningsområden är bland annat i smaksatta syrade mjölkprodukter, konfektyrer, konditorivaror, såser och nudlar (Livsmedelsverket, 2020d).

2.3.1.2 Paprikaoleoresin - E160c

Paprikaoleoresin E160c är en karotenoid som är vanlig i röd paprika, *Capsicum annuum* L. (Curl, 1964; Breithaupt, 2004; Livsmedelsverket, 2020e). Färgämnet ger en gul till orange färg på det livsmedel som färgas (Livsmedelsverket, 2020e).

Paprikaoleoresin är godkänt för att användas i en mängd olika typer av livsmedel. Det används bland annat i läsk, glass, fiskrom, senap och frukostflingor (Livsmedelsverket, 2020e).

Färgämnet extraheras från frukten av röd paprika, *Capsicum annuum* L. och genom lösningsextraktion produceras Paprikaoleoresin E160c (Jarén-Galán et al., 1999; Feketea & Tsabouri, 2017).

Paprika har använts under lång tid som smaksättare, men även för att ge färg till livsmedel. Idag används Paprikaoleoresin E160c som färgämne i livsmedelsindustrin, men traditionellt sett har torkad och mald röd paprika, även kallat paprikapulver, används för detta syfte (Curl, 1964; Minguez-Mosquera et al., 2008).

Paprikaoleoresin E160c består av karotenoidpigment och lipider och är därmed fettlöslig (Jarén-Galán et al., 1999). Huvudsakligen innehåller paprika och Paprikaoleoresin E160c karotenoiderna kapsantin och kapsorubin (Curl, 1964; Davies et al., 1970; Jarén-Galán et al., 1999; Livsmedelsverket, 2020e). Men ytterligare ungefär 20 karotenoider finns i paprika, *Capsicum annuum* L. (Francis, 2002). Allt eftersom frukten hos paprika, *Capsicum annuum* L. mognar utvecklas och ökar halten karotenoider i frukten. Högst halt karotenoider återfinns i röda paprikafrukter (Minguez-Mosquera et al., 2008).

2.3.1.3 Lykopen - E160d

Livsmedelstillsatsen Lykopen E160d ingår i gruppen karotener och har en röd färg (Francis, 2002; Livsmedelsverket, 2020g). Bland de trädgårdsgrödor som odlas i svenskt klimat hittar man de största koncentrationerna av lykopen i röda tomater, *Solanum lycopersicum* L., se Figur 1 & 2 (Francis, 2002; Breithaupt, 2004). Tomater är dessutom den största källan till lykopen i vår kost (Olsson, 1999).

Halten lykopen i tomater kan variera. Lykopenhalten ökar allt eftersom frukten mognar och blir



Figur 2. Tomat
Solanum lycopersicum.

rödare. Högst koncentration

lykopen finns i de rödaste och mest mogna tomaterna (Brandt et al., 2006). Lykopen är inte löslig i vatten utan är en fettlöslig molekyl (Petersson, 2009b).

Den kemiska strukturen för lykopen är en förhållandevis enkel struktur med 13 dubbelbindningar som sitter i en symmetrisk rak kedja (Brandt et al., 2006).

Lykopen E160d återfinns bland annat i livsmedlen glass, sylt, tuggummi och läsk (Livsmedelsverket, 2020g).

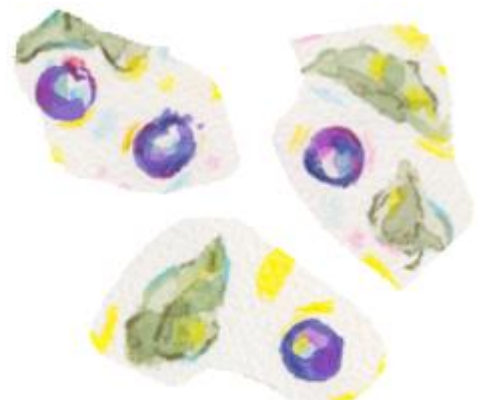


Figur 1. Tomat
Solanum lycopersicum.

2.3.2 Antocyaniner

Antocyaniner är en mycket viktig grupp färgämnen i naturen (Pazmiño-Durán et al., 2001; Petersson, 2009a). Antocyaniner återfinns i stor mängd i bär och frukter med röd till blå färg, se Figur 3 (Pazmiño-Durán et al., 2001; Petersson, 2009; Sjögren Bolin, 2019). Stora mängder finns bland annat i blåbär *Vaccinium myrtillus* L., vindruva, *Vitis vinifera* L. och svarta vinbär, *Ribes nigrum* L. (Xiangqun, 2000; Sjögren Bolin, 2019).

Antocyaniner är så kallade antocyanidiner som bundits till en sockermolekyl. Antocyanidin är därmed den grundläggande strukturen för antocyanin. (Castañeda-Ovando et al., 2009). När sockermolekyler binds till antocyanidin sker en glykosylering. Glykosyleringen



Figur 3. Blåbär
Vaccinium myrtillus.

medför möjligheter till stor mångfald av antocyaninerna (Mortensen, 2006). Det finns flera hundra kända antocyaniner men endast ett tjugotal kända antocyanidiner (Mortensen, 2006). Antocyaninerna tillhör de kemiska föreningarna kallade flavonoider, vilka har antioxidativa funktioner. De antioxidativa egenskaperna ger ett skydd mot fotokemiskt bildade radikaler. Många bär innehåller både ofärgade antioxidanter och färggivande antocyaniner. (Petersson, 2009a) I naturen används de färger, näringsämnen och smakämnen som antioxidanterna ger för att attrahera djur som kan sprida fröer från frukt och bär samt för att skydda fröna (Petersson, 2009a).

Antocyanin är en vattenlöslig molekyl. Pigmenten hos de vattenlösliga antocyaninerna är inte lika stabila som de fettlösliga karotenoiderna eller de syntetiskt framställda färgämnen (Pazmiño-Durán et al., 2001; Castañeda-Ovando et al., 2009; Petersson, 2009a).

Antocyaninernas färg förändras beroende på vilket pH-värde färgen utsätts för (Petersson, 2009a). Vid lågt pH förekommer antocyaninerna med röda nyanser. Allt eftersom pH-värdet höjs förändras färgpigmenten. Vid förhöjda pH-värden kan även ofärgade pigment bildas (Petersson, 2009a).

2.3.2.1 Antocyaner - E163

Livsmedelstillsatsen som framställs från antocyaniner kallas antocyaner och har beteckningen E163. Antocyaner ger de livsmedel som färgas en röd till blå färg (Livsmedelsverket, 2018a). Vid framställning av antocyaner E163 extraheras färgämnet från den frukt eller det bär som valts för produktionen av färgämnet. Högst koncentration antocyaner återfinns oftast i fruktens skal (Sjögren Bolin, 2019).

Antocyaner E163 får användas i många olika livsmedel. Livsmedelstillsatsen är bland annat tillåten i läsk, glass, nudlar, smaksatta syrade mjölkprodukter och desserter (Livsmedelsverket, 2020f).

2.3.3 Betalain

Betalain är ett växtpigment som återfinns i tio växtfamiljer inom Nejlirkordningen, *Caryophyllales* (Francis, 2002).

Betalain delas ofta in i två grupper, de rödvioletta betacyaninerna och de gula betaxantinerna (Francis, 2002; Gamila Attia et al., 2013).

Precis som antocyaner är betalain vattenlösliga pigment, men betalain innehåller kväve vilket antocyaner inte gör (Potter & Hotchkiss, 1995; Chapman, 2011; Gamila Attia et al., 2013).

2.3.3.1 Betanin/Rödbetsrött - E162

Betanin, eller rödbetsrött som betanin också kallas, är en betalain som ger ett rödrosa färgämne (Chapman, 2011; Sjögren Bolin, 2019). Det är betanin som används som livsmedelstillsats. Vid framställning av betanin för användning inom livsmedelsproduktion får färgämnet E-numret E162 (Chapman, 2011; Sjögren Bolin, 2019). Många andra naturliga färgämnen förekommer i en mängd olika trädgårdsgrödor, men betanin finns bara i trädgårdsgrödorna rödbeta, *Beta vulgaris* L., se Figur 4, och mangold, *Beta vulgaris* L. Mangold-Gruppen (Potter & Hotchkiss, 1995; Francis, 2002).

Huvudsakligen utvinns betanin genom extraktion av rödbetor, *Beta vulgaris* L. (Potter & Hotchkiss, 1995). Rödbetor har använts för att färga maten sedan 1700-talet. Vid traditionellt användande av färgämnet har juice från rödbetan använts för att ge livsmedlet den färgning som önskats (Chapman, 2011).

Rödbetor innehåller ofta både ovan nämnda betacyaniner och betaxantiner. Förhållandet mellan de båda grupperna beror på sort (Francis, 2002). Man kan utnyttja de olika förhållandena mellan betacyaniner och betaxantiner när man producerar färgämnet betanin E162. Ska ett gulare färgämne produceras kan man välja en sort med högre halt gula betaxantiner. Efterfrågas en rödare färg bör dock en rödbetsort med större koncentration betacyaniner väljas (Francis, 2002).

Olika yttre faktorer har mer eller mindre påverkan på pigmentet.

Vid förändringar av pH är betanin ett förhållandevis stabilt färgämne (Potter & Hotchkiss, 1995; Francis, 2002). Vid värmebehandling eller i starkt ljus riskerar däremot den rödrosa färgen att brytas ner och ersättas av brun färg (Potter & Hotchkiss, 1995; Francis, 2002; Chapman, 2011). Färgämnet oxiderar dessutom lätt i miljöer med hög vattenaktivitet. Det betyder att färgämnets färg förändras lätt i produkter med mycket vatten och lågt innehåll av socker (Chapman, 2011).



Figur 4. Rödbeta
Beta vulgaris.

Eftersom betanin är känsligt för värme, ljus och oxidation, men relativt stabilt i olika pH används färgämnet främst i produkter med kort hållbarhet, som packas skyddade mot ljus och som inte behöver hettas upp (Chapman, 2011). Betanin används bland annat i glass, smaksatta syrade mjölkprodukter, desserter samt dekoration och överdrag (Francis, 2002; Livsmedelsverket, 2020h)

2.3.4 Klorofyller

Klorofyll är ett grönt pigment som produceras i alla fotosyntetiserande växter, alger och bacteria. Klorofyll är det färgämne som är absolut vanligast i naturen (Hendry, 1996; Francis, 2002).

Klorofyll är en fettlöslig molekyl som kan göras vattenlöslig genom förtvålning av klorofylllets oleoresin. Oleoresin är en naturligt förekommande kombination av olja och harts som kan utvinnas ur växter. Det vattenlösliga pigmentet som framställs genom förtvålningen kallas klorofyllin (Mortensen, 2006; Panda, 2013).

Naturligt klorofyll innehåller magnesiumjoner (Francis, 2002; Sjögren Bolin, 2019) och pigmentet är bundet till proteiner i dess komplexa molekyler (Panda, 2013).

När klorofyll bryts ned frigörs proteiner och magnesium från klorofyllmolekylen. Klorofyllet omvandlas kemiskt till ett ämne som kallas feofytin. Feofytin ger växter en olivgrön till brun färg. Processen påskyndas om pH-värdet är lågt. (Panda, 2013)

2.3.4.1 Klorofyll - E140

Livsmedelstillsatsen klorofyll E140 framställs från klorofyller och ger de livsmedel som färgas en grön färg (Livsmedelsverket, 2018a; Sjögren Bolin, 2019). Det finns flera typer av klorofyllpigment men det är endast två, klorofyll a och b, som används till livsmedelstillsatsen klorofyll E140 (Francis, 2002). Klorofyll är den enda godkända livsmedelstillsatsen som kan produceras av naturliga råvaror och som ger en grön färg (Hendry, 1996; Francis, 2002). Vid produktion av klorofyll E140 är blålusern (Alfalfa), *Medicago sativa* L. och brännässla, *Urtica dioica* vanliga råvaror, men även olika typer av gräs, spenat, *Spinacia oleracea* L., se Figur 5, och andra ätliga växter används (Francis, 2002; Mortensen, 2006; Chapman, 2011).

Färgämnet tillverkas genom torkning och efterföljande lösningsextraktion (Francis, 2002).



Figur 5. Spenat
Spinacia oleracea.

Klorofyll är en instabil molekyl och de pigment man nyttjar i livsmedelstillsatsen bryts lätt ned (Francis, 2002).

Den instabilitet som klorofyll uppvisar har gjort att användningen av klorofyll som livsmedelstillsats är begränsad (Hendry, 1996; Mortensen, 2006).

För att få ett stabilare färgämne ersätter man ofta magnesiumet i klorofyllet med koppar (Sjögren Bolin, 2019). Då får man den stabilare livsmedelstillsatsen klorofyllinkopparkomplex E141 (Sjögren Bolin, 2019). Både klorofyll E140 och klorofyllinkopparkomplex E141 ger de livsmedel som pigmenten tillsätts till en grön färg (Francis, 2002). Klorofyllinkopparkomplex E141 uppvisar dock en ljusare grön färg än naturligt klorofyll E140 (Mortensen, 2006).

Klorofyll får användas i många olika typer av livsmedel i EU. Godkända livsmedel är exempelvis såser, soppor, tuggummi, läsk och senap (Livsmedelsverket, 2020i).

Klorofyll är inte godkänd som livsmedelstillsats i USA (Mortensen, 2006).

2.4 Syntetiska färgämnen

2.4.1 Azofärger

Azofärger är en grupp av syntetiska färger som framställs på syntetisk väg och som inte återfinns naturligt. Några av dessa färger används som färgämnen i livsmedel (König, 2015; Feketea & Tsabouri, 2017).

Vid produktion av syntetiskt framställda livsmedelstillsatser kan en hög och konstant kvalitet samt stora volymer produceras på ett effektivt sätt jämfört med de naturliga motsvarigheterna (König, 2015). Yttre faktorer som värme och ljus påverkar färgerna vid framställning av pigmenten men azofärgämnena är mindre känsliga för yttre förhållanden än färgämnen från naturliga källor. Andra fördelar med azofärgerna är att de ger en hög färgintensitet och är smaklösa (König, 2015).

De azofärgämnen som är tillåtna i Sverige är tartrazin E102, para-orange E110, azorubin/karmosin E122, amarant E123, nykockin E124, allurarött AC E129, briljant svart PN E151, brun HT E155 och litolrubin BK E180, se Tabell II. (Livsmedelsverket, 2017d).

Tabell II. Sammanställning av godkända azofärgämnen och vilken färg färgämnet ger. Tabellen är baserad på information från Livsmedelsverket (Livsmedelsverket, 2018a).

Färgämnen				
E-nummer	Namn	Ursprung	Funktionsgrupp	Färg
E 102	Tartrazin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Gul
E 110	Para-orange	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Gul-orange
E 122	Azorubin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 123	Amarant	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd-brun
E 124	Nykockin	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 129	Allurarött AC	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd
E 151	Briljantsvart BN	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Svart
E 155	Brun HT	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Brun
E 180	Litolubin BK	Syntetiskt	Färgämne - Azofärgämne	Röd

Sverige har en restriktiv inställning till användandet av azofärger. I och med inträdet i EU blev många azofärger som tidigare var förbjudna att använda i Sverige åter tillåtna (Livsmedelsverket, 2017d). Flera av de stora livsmedelskedjorna i Sverige har tydligt kommunicerat sin inställning till användandet av azofärger. De stora handlarna har bestämt sig för att inte använda azofärger i sina egna produkter och att vara återhållsamma med att ta in produkter från andra märken innehållande azofärger (Konsumentföreningen Väst, 2010; Axfood, 2018; ICA, 2018).

Flera av azofärgerna samt det syntetiska färgämnet kinolingult E104, undersöktes i en brittisk studie 2007. Syftet med studien var att undersöka om intag av syntetiska färgämnen hade någon påverkan på barns beteenden (McCann et al., 2007). I den brittiska studien såg man samband mellan intaget av flera syntetiska färgämnen; kinolingult E104, para-orange E110, azorubin E122, tartrazin E102, allurarött E129 och nykockin E124, och en ökad hyperaktivitet bland treåringar och åtta/nioåringar i den genomsnittliga populationen (McCann et al., 2007).

Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, Efsas panel för dietetiska produkter, nutrition och allergier, gjorde därefter en genomgång av de studier som genomförts på azofärgämnens negativa påverkan på människan. Efter genomgången gjordes bedömningen att den negativa påverkan inte är tillräckligt stor för att motivera att ämnena förbjuds som livsmedelstillsatser (EFSA, 2010). Efsas bedömning ledde istället till att EU:s råd i samråd med det brittiska parlamentet beslutade att produkter innehållande något eller några av de sex

färgämnen som studerats i den brittiska studien 2007 ska märkas med texten "Kan ha en negativ effekt på barns beteende och koncentration". (Europeiska unionen, 2008b; Livsmedelsverket, 2017d).

De flesta azofärgämnen får användas till i stort sett alla livsmedel som får färgas. Amarant E123 och litolrubin BK E180 får dock bara användas i ett par livsmedel. Amarant E123 kan användas i fiskrom och spritdrycker medan litolrubin BK E180 endast får användas till ätlig ostskorpa (Livsmedelsverket, 2017d).

2.5 Tillverkningsprocess

Det är inte okomplicerat att byta ut syntetiska färgämnen mot naturliga motsvarigheter (Rodriguez-Amaya, 2016). De naturliga färgämnen är ofta instabila och det krävs stor mängd naturlig råvara för att få ut samma koncentration pigment som vid syntetisk framställning (Rodriguez-Amaya, 2016). Framställningen av naturliga färgämnen är dessutom ofta mer kostsam rent ekonomiskt (Rodriguez-Amaya, 2016).

Trots detta pågår det en omställning från syntetiska färgämnen till dess naturliga motsvarigheter. Omställningen drivs av konsumentkrafter som efterfrågar produkter utan syntetiska livsmedelstillsatser med fördel för de naturliga livsmedelstillsatserna (Buchweitz, 2016; Feketea & Tsabouri, 2017).

Det är emellertid inte möjligt att helt ersätta de syntetiska färgämnen med naturliga motsvarigheter i dagsläget. Naturliga färgämnen har ett begränsat antal nyanser som är möjliga att extrahera (Rodriguez-Amaya, 2016). För röda, orangea och gula nyanser finns det flera naturliga källor till pigment: antocyaniner, betalain och karotenoider kan användas. För blå och gröna pigmenteringar är det däremot större begränsningar i antalet nyanser som kan utvinnas från trädgårdsgrödor. För livsmedel som ska färgas blå och gröna från naturliga källor används färgämnet klorofyll, som är förhållandevis ostabil och som lätt får oönskade pigmentförändringar (Mortensen, 2006; Buchweitz, 2016).

Nedan beskrivs hur olika faktorer kan ha betydelse för hur höga halter färgämne som är möjligt att utvinna från naturliga råvaror och hur pigmenten bäst bevaras. Hur framställningen går till, och vilka de egentliga skillnaderna mellan naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser är, behandlas också.

2.5.1 Odlingsmetoder för naturligt producerade livsmedelstillsatser

Det finns många olika faktorer som kan påverka innehållet av pigment i trädgårdsgrödor. Vid produktion av färgämnen från naturliga källor kan därför gynnande odlingsmetoder nyttjas för att öka halten pigment i de råvaror som ska användas. För produktion av färgämnen från naturliga råvaror är det viktigt att hitta råvaror med så hög koncentration som möjligt av det efterfrågade färgämnet (Mortensen, 2006).

En faktor som kan vara av betydelse för utvinnandet av naturliga färgämnen är sortval (Xiangqun, 2000). Studier har visat att olika sorter av samma trädgårdsgröda kan innehålla stora variationer gällande koncentrationer av pigment (Heinonen, 1990; Konde, et al., 1996). I en studie från 1990 framkom att betakarotenvärdet varierade mellan 4600 och 10 300 µg per 100 g färskvikt mellan olika sorter av morot (Heinonen, 1990).

I utvinnandet av färgämnet lykopen från råvaran tomat, *Solanum lycopersicum* L. används med fördel frukter med stark röd färg då de innehåller högst koncentrationer pigment. Det finns en stor variation i både färg, storlek och form för tomater som ett resultat av ett gediget förädlingsarbete (Petersson, 2009b).

Även andra efterfrågade egenskaper än pigmentkoncentration kan variera mellan olika sorter av samma gröda. Vid tillverkandet av Paprikaoleoresin E160c, efterfrågas till exempel sorter av paprika, *Capsicum annuum* L. med låg halt av bitterhet och oansenlig smak (Mortensen, 2006).

Förutom sortval är såtid och odlingsförhållanden under växtperioden faktorer som kan ha betydelse för koncentrationerna av pigment i den färdiga produkten. En tidig sådd och en lång växtperiod främjar till exempel bildandet av karoten (Mattsson, 2003).

Trädgårdsgrödor som utsätts för en hög ljusintensitet under odlingen tycks få ökade halter färgämne i råvaran (Olsson, 1999). Solljus ökar till exempel ofta halten antocyaniner i det antocyaninrika bäret blåbär, *Vaccinium myrtillus* L. (Petersson, 2009a). Även temperatur har påverkan på pigmentinnehållet i odlade trädgårdsgrödor (Olsson, 1999). Höga temperaturer kan till exempel blockera bildandet av lykopen i tomat, men även för låga temperaturer kan ha negativ effekt på bildandet av pigment (Olsson, 1999). Optimal temperatur för bildande av pigmenten lykopen och karoten är fastställt till 22 – 25 °C (Dumas, et al., 2003).

Flera studier har visat att innehållet av pigment kan variera över året. Vissa pigment tycks gynnas av att odlas på sommarhalvåret medan andra pigment återfunnits i högre halter under vinterhalvåret (Konde, et al., 1996).

Utöver tidigare nämnda faktorer kan skördetid samt hanteringen av grödorna efter skörd och vid lagring vara avgörande för hur höga halter av önskade substanser som kan utvinnas (Konde, et al., 1996; Xiangqun, 2000). Faktorer som temperatur, lagringstid, ljus och syrepåverkan har betydelse för hur väl pigmenten bevaras i grödorna efter skörd. Dessa faktorer har även betydelse för hur väl ämnena kan utvecklas i en frukt som fortsätter mogna efter skörden (Konde, et al., 1996). För trädgårdsgrödor innehållande karotenoider eller antocyaniner kan halten öka i mognande frukter. Samtidigt kan klorofyllhalten reduceras allt eftersom en frukt mognar (Artés et al., 2002).

2.5.2 Framställning av livsmedelstillsatser

I hemmet används ofta färgstarka ingredienser för att färga maten. Vanliga ingredienser som används är exempelvis kryddor som paprikapulver och gurkmeja. För industriell tillverkning finns det dock hinder för att använda samma metod (Mortensen, 2006). Vid användning av färgstarka ingredienser istället för livsmedelstillsatser riskerar man att tillsätta oönskad smak till produkterna. Man kan dessutom få problem med skalrester och kärnor. Ingredienser har oftast en lägre koncentration av det önskade färgande pigmentet än producerade livsmedelstillsatser. Det betyder att en större mängd behöver tillsättas det livsmedel som ska färgas för att uppnå den färgintensitet som efterfrågas om grundråvaran används istället för en livsmedelstillsats (Mortensen, 2006).

Naturliga färgämnen kan extraheras fysikaliskt eller kemiskt ur livsmedel eller andra naturliga ursprungsmaterial (Livsmedelsverket, 2007). Vid framställningen extraheras pigmenten ut och näringsmässiga och aromatiska beståndsdelar selekteras bort (Livsmedelsverket, 2007).

Extraktionen av naturliga pigment sker på olika sätt beroende på om det ämne som ska extraheras är fett- eller vattenlösligt (Mortensen, 2006). Vattenlösliga pigment extraheras vanligtvis med hjälp av vatten eller alkoholer (Mortensen, 2006). För att extrahera fettlösliga pigment används istället vanligtvis organiska lösningsmedel. När de fettlösliga pigmenten selekterats ut erhålls ett oleoresin innehållande höga halter pigment (Mortensen, 2006). Oleoresinet innehåller dessutom biprodukter som vax, triglycerider och andra lipidlösliga föreningar (Mortensen, 2006). Efter extraktionen renas oleoresinet från biprodukterna (König, 2015).

Framställningen av naturliga färgämnen sker med fördel i dämpat ljus eftersom flera färgämnen är känsliga och kan brytas ner av vitt ljus (Konde et al., 1996; Sánchez-Moreno et al., 2006), men även temperatur påverkar framställningen (Jarén-Galán et al., 1999).

Syntetiska färgämnen framställs genom kemisk syntes eller modifiering av flera föreningar som tillsammans bildar det syntetiska färgämnet. Syntetiska färgämnen extraheras och renas alltså inte som de naturliga motsvarigheterna (König, 2015).

När naturliga färgämnen har extraherats kan de behöva blandas med andra komponenter för att skapa olika nyanser eller på annat sätt förändra färgämnets egenskaper. Att blanda färgämnen med andra element för att skapa nya önskade egenskaper kallas formulering (Mortensen, 2006).

Formulering kan användas när man ska ersätta ett syntetiskt färgämne med en naturlig motsvarighet. När man ska ersätta en redan existerande färg kan det vara viktigt att behålla samma nyans trots att färgämnet byts ut. Med hjälp av formulering kan det bli möjligt (Mortensen, 2006). Ett annat användningsområde för formulering är att förändra färgämnets löslighet. Genom emulgering kan till exempel det normalt sett fettlösliga pigmentet karoten få vattenlösliga egenskaper (Mortensen, 2006).

Slutprodukten för ett färgämne som ska användas som livsmedelstillsats kan se ut på flera olika sätt. Färgämnet kan spraytorkas på en bärare för att producera ett pulver (Mortensen, 2006; Chapman, 2011). Det är också möjligt att späda ut ett relativt fast färgämne för att få en mer lätthanterlig flytande produkt (Mortensen, 2006).

Vid framställning av och forskning på livsmedelstillsatser används ofta analyser för att säkerställa att rätt färgämne extraheras. HPLC, high performance liquid chromatography är en kemisk analysmetod som kan användas för att identifiera färgämnen (Hong & Wrolstad, 1990a). HPLC används för att fastställa koncentrationer av ämnen och selektera ut de färgämnen som önskas. Denna metod gör det möjligt att producera rena livsmedelstillsatser från naturliga råvaror. (Hong & Wrolstad, 1990b)

2.5.3 Skillnader mellan naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser

Naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser skiljer sig åt på flera sätt.

Syntetiska livsmedelstillsatser är generellt sett mer stabila och billigare vid produktion (Chapman, 2011; Saltmarsh, 2015), medan naturliga livsmedelstillsatser har en bredare acceptans hos konsumenter (Rodriguez-Amaya, 2016).

Livsmedel är en av de dyraste produktkategorierna att färga, samtidigt är färgning generellt sett ett billigt processteg vid produktion (Chapman, 2011). Pigmentering med hjälp av syntetiska färgämnen är oftast billigare än att färga med en naturlig motsvarighet. Tillgången på naturliga livsmedelstillsatser kan dessutom variera medan syntetiskt framställda livsmedelstillsatser oftast har en hög och konstant kvalitet (Chapman, 2011; König, 2015).

Syntetiska livsmedelstillsatser kan produceras i stora volymer på ett effektivt sätt jämfört med de naturliga motsvarigheterna (König, 2015).

Färgämnet karoten E160, är exempel på ett ämne som kan framställas både genom syntetisk produktion och genom extraktion från morötter, nypon eller andra karotenrika frukter och grönsaker (Gunnerud & Bryngelsson, 2015). Livsmedelstillsatser som kan produceras både naturligt och syntetiskt tillverkas ofta syntetiskt på grund av de ekonomiska skälen.

För funktionsgruppen färgämnen erhålls oftast en intensivare färg från syntetiskt framställda färgämnen än från de naturliga motsvarigheterna (Chapman, 2011; Saltmarsh, 2015). Om en djup nyans efterfrågas till en produkt kan det därmed vara svårare att använda sig av en naturlig livsmedelstillsats än av en syntetisk motsvarighet (Chapman, 2011).

Det finns stora variationer i stabilitet mellan olika färgämnen. Faktorer som kan påverka ett färgämnes stabilitet är bland annat värme, ljus, syre och pH (Mortensen, 2006). Skillnaderna gäller både mellan naturligt och syntetiskt framställda livsmedelstillsatser men även mellan olika livsmedelstillsatser av naturligt ursprung (Mortensen, 2006).

Fettlösliga karotener är exempelvis stabilare än vattenlösliga färgämnen när de utsätts för värme, förändringar av pH och vattenlakning (Potter & Hotchkiss, 1995). Fettlösliga karotener är dock känsliga mot oxidation (Chapman, 2011).

Betakaroten och lykopen är båda fettlösliga karotener, trots detta är betakaroten betydligt stabilare än lykopen.

Betanin är ett vattenlösligt och förhållandevis ostabilt färgämne. Betanin är känsligt mot bland annat värme och missfärgas lätt (Mortensen, 2006). Vid förändringar av pH är betaninpigmenten däremot förhållandevis stabila (Potter & Hotchkiss, 1995; Francis, 2002).

Antocyaniner uppvisar stora variationer i färg beroende på pH-värde. Vid lågt pH har antocyaniner en rödrosa färg men vid neutralt pH förändras färgen och går från lila till blått. Antocyaniner är förhållandevis ostabilt vid lågt pH och används därför främst i produkter med neutralt eller högt pH-värde (Chapman, 2011).

Eftersom olika färgämnen är olika känsliga för yttre påverkningar styrs användningen av färgämnena av de egenskaper som varje specifik livsmedelstillsats har. Det är alltså inte bara pigmentets färg som avgör om en livsmedelstillsats är lämplig att använda.

3. Diskussion

3.1 Metod och arbetsprocess

Denna uppsats är enbart baserad på litteraturstudier. Andra typer av studier hade kunnat tillföra ytterligare aspekter som inte kan erhållas i en studie enbart baserad på litteraturstudier. För att studera gynnsamma odlingsmetoder för att producera växter med hög koncentration färgämnen och därefter effektiva metoder för framställning av livsmedelstillsatser hade intervjuer med producerande företag och egna odlingsförsök kunnat genomföras. Eftersom tillgänglig tid för att genomföra denna studie är begränsad till 15 högskolepoäng är egna odlingsförsök inte en genomförbar metod. Det har inte heller av tidsmässiga skäl ansetts vara en realistisk metod att intervjua de producerande företagen. Under arbetets gång har flera avgränsningar varit tvungna att göras. Avgränsningarna har bland annat bestått av att begränsa studien till funktionsgruppen färgämnen. Avgränsningarna har dessutom inneburit att risker och överkänslighet gällande livsmedelstillsatser inte behandlas. I samband med sökandet efter information till studiens nuvarande frågeställningar har flertalet studier och rapporter med syftet att undersöka just risker och överkänslighet anträffats. Rapporterna har dock i de flesta fall inte behandlat naturligt producerade färgämnen. Eftersom huvudfokus i denna studie är naturligt producerade livsmedelstillsatser i funktionsgruppen färgämnen finns det därmed argument för att avgränsningen till att inte behandla risker och överkänslighet är motiverad. För att öka förståelsen kring ämnet användes myndighetsinformation från Livsmedelsverket initialt. Den information som framkommit från myndigheten var oftast av övergripande karaktär och nämns därför endast indirekt i primära källor. Eftersom det inte varit möjligt att hitta primära källor för den information som hämtats från myndigheten har informationen använts trots att den bör anses komma från en sekundärkälla.

3.3 Användningen av livsmedelstillsatser

Livsmedelstillsatser finns i alla typer av livsmedel och användningen är omfattande. Användningen av livsmedelstillsatser har dock ofta varit starkt ifrågasatt (Carocho et al., 2015). Livsmedelstillsatser har påståtts vara farliga vilket har lett till rädsla och förbud. Färgämnen har varit särskilt kritiserade (Carocho et al., 2015). Då och då kommer nya uttalanden om att livsmedelstillsatser skulle vara farliga. Detta trots att Efsa, Europeiska myndigheten för

livsmedelssäkerhet, med jämna mellanrum granskar och vid behov justerar godkända doser och användningsområden för respektive livsmedelstillsats (Carocho et al., 2015).

Färgämnen ger livsmedel, som normalt skulle anses oattraktiva, färg för att livsmedlet ska bli mer tilltalande (Breithaupt, 2004; Saltmarsh, 2013; Livsmedelsverket, 2019a). Det kan anses motsägelsefullt att konsumenter dels har en kritisk inställning till användandet av livsmedelstillsatser samtidigt som det är svårt att attrahera konsumenter med produkter som inte färgats.

Saltmarsh (2013) slår fast att livsmedelstillsatser är nödvändiga för att kunna upprätthålla en säker livsmedelsproduktion (Saltmarsh, 2013). Att upprätthålla en säker och stark livsmedelsproduktion är avgörande för att få en hållbar tillväxt i Sverige. Detta är inte minst tydligt i den livsmedelsstrategi som regeringen tagit fram för Sveriges räkning (Näringsdepartementet, 2016). I livsmedelsstrategin går att läsa att de övergripande målen för Sveriges livsmedelsproduktion är att Sverige ska ha “en konkurrenskraftig livsmedelskedja där den totala livsmedelsproduktionen ökar, samtidigt som relevanta nationella miljömål nås, i syfte att skapa tillväxt och sysselsättning och bidra till hållbar utveckling i hela landet. Produktionsökningen, både konventionell och ekologisk, bör svara mot konsumenternas efterfrågan. En produktionsökning skulle kunna bidra till en ökad självförsörjningsgrad av livsmedel. Sårbarheten i livsmedelskedjan ska minska.” (Näringsdepartementet, 2016)

3.4 Val av färgämnen i studien

Det finns 40 stycken livsmedelstillsatser i funktionsgruppen färgämnen och av dessa är 13 stycken möjliga att producera från naturliga källor. I uppstartsfasen av studien konstaterades att en avgränsning var nödvändig. Flera källor lyfte upp karoten, antocyan, betalain och klorofyll som de mest använda färgämnena från naturliga källor och som dessutom kunde produceras från trädgårdsgrödor. Studien fokuserar därför på dessa fyra. Azofärgerna är hett omdiskuterade livsmedelstillsatser med påstådda hälsoskadliga egenskaper som endast är möjliga att producera på syntetisk väg.

Det har därför varit intressant att fördjupa sig i just azofärgerna som syntetisk motsvarighet till karoten, klorofyll, antocyan och betalain.

Många livsmedelstillsatser kan produceras både av naturliga råvaror men även på syntetisk väg, lykopen är exempel på en livsmedelstillsats som kan produceras både syntetiskt och från naturliga råvaror (Livsmedelsverket, 2018a). Den molekyl som ger upphov till pigmentet ser likadan ut oavsett tillverkningsmetod, förutsatt att det inte följt med biprodukter i

tillverkningsprocessen. Att enbart fokusera på hur en livsmedelstillsats producerats riskerar därför att ge en förenklad syn på livsmedelstillsatsens användning och funktion.

3.5 Skillnader mellan naturliga och syntetiska livsmedelstillsatser

Utöver att vara dyrare i produktion är naturligt producerade livsmedelstillsatser dessutom ofta svårare att hantera och mindre stabila än sina syntetiska motsvarigheter (Solymosi et al., 2015). För en producent finns det många faktorer som talar för användning av syntetiska livsmedelstillsatser. Trots detta ökar användningen av naturliga livsmedelstillsatser.

Rodriguez-Amaya (2016) menar att det finns en ökande skepticism mot syntetiskt framställda färger hos allmänheten (Rodriguez-Amaya, 2016). Artificiella färgämnen misstänks ha osäkra hälsorisker samtidigt som naturliga färgämnen påstås ge hälsofördelar (Rodriguez-Amaya, 2016). Det leder till att naturligt framställda färgämnen blir allt mer välanvända (Rodriguez-Amaya, 2016).

Utvecklingen av användningen av livsmedelstillsatser visar att konsumentkrafter har stor betydelse för vilka produkter som produceras. Att en produkt har en bred acceptans hos allmänheten som ska konsumera produkten tycks vara avgörande för att få lönsamhet i en produktion.

3.6 Framtidsutsikter

Syftet med studien har bland annat varit att visa på alternativa användningsområden för trädgårdsgrödor. Studien visar att trädgårdsgrödor inte bara kan användas till klassisk färskvarukonsumtion utan även som livsmedelstillsats i processade livsmedel.

Användningen av syntetiska färgämnen är på många sätt enklare och billigare än framställning av de naturliga motsvarigheterna, samtidigt finns det en ökande efterfrågan av naturliga livsmedelstillsatser (Solymosi, et al., 2015; Rodriguez-Amaya, 2016).

Det finns därför ett behov av forskning och fortsatta studier som kan undersöka nya sorter av odlade trädgårdsgrödor med höga koncentrationer av pigment samt för att fastställa optimala tillverkningsprocesser för naturligt producerade livsmedelstillsatser (Solymosi et al., 2015).

Xiangqun (2000) lyfter upp havtorn som en potentiell framtida gröda för produktion av färgämnen i Sverige. Havtornsolja kan vara mycket rik på karotenoider och vitamin E. Frukten kan innehålla mellan 34–485 mg karotenoider (Xiangqun, 2000). Havtorn är dock mycket svår att skörda (Harrison & Beveridge, 2002).

För att få en effektiv produktion av naturliga livsmedelstillsatser krävs att det går att producera råvaror och framställa livsmedelstillsatser på ett rationellt och ekonomiskt

försvarbart sätt. Efterfrågan på naturliga livsmedelstillsatser bygger i stor grad på konsumenternas negativa inställning mot de syntetiska motsvarigheterna. Dagens konsumenter är mycket intresserade och medvetna om de produkter de konsumerar (Asioli et al., 2017). För att de naturliga livsmedelstillsatserna ska kunna fortsätta vara ett attraktivt alternativ måste produktion och framställning utföras på ett för konsumenterna attraktivt sätt samtidigt som produktionen måste vara lönsam för producenterna. Med andra ord måste produktion och framställning kunna utföras ekonomiskt, miljömässigt och socialt hållbart. Produktionen av trädgårdsgrödor resulterar ofta i biprodukter som är oönskade i den primära produktionen (Solymosi et al., 2015). Solymosi et al. (2015) belyser att det finns möjlighet att använda sig av dessa biprodukter. Enligt Balasundram et al. (2006) har den potentiella användningen av biprodukter för framställning av livsmedelstillsatser inte undersökts tillräckligt (Balasundram et al., 2006). För färskvarukonsumtion skalas ofta de yttre delarna av frukter eller grönsaker bort. Samtidigt är det de yttre delarna av frukter och grönsaker som oftast är rikast på pigment (Olsson, 1999).

Eftersom produktionen av trädgårdsgrödor ofta resulterar i biprodukter som potentiellt kan användas vid produktion av livsmedelstillsatser vore det intressant med vidare studier av ämnet (Olsson, 1999; Balasundram et al., 2006; Solymosi et al., 2015).

Vid vidare studier bör möjligheten till ökad lönsamhet för producenterna vid användning av biprodukter samt huruvida konsumenterna kan attraheras av de potentiella miljömässiga fördelar som en produkt färgad av biprodukter kan ge, undersökas.

4. Slutsats

Studien ämnade undersöka vad en livsmedelstillsats är och vilka funktioner livsmedelstillsatser fyller. Studien har visat att livsmedelstillsatser används för att göra maten säkrare och attraktivare samt att livsmedelstillsatser är nödvändiga för att säkerställa en god livsmedelsproduktion. De är dessutom mycket vanliga och används i stort sett i alla processade livsmedel.

För att en livsmedelstillsats ska kunna användas måste den vara godkänd av Efsa, Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet. Det finns dock en generaliserad skepticism mot livsmedelstillsatser hos konsumenter.

Syftet med studien var att undersöka om det finns skillnader mellan naturligt och syntetiskt producerade livsmedelstillsatser samt kartlägga vilka de vanligaste naturliga livsmedelstillsatserna inom funktionsgruppen färgämnen är. Resultatet av studien visar att det

finns skillnader i stabilitet, effektivitet samt produktionskostnader mellan livsmedelstillsatser som producerats från naturliga råvaror och dess syntetiska motsvarigheter. Men också att det finns stora skillnader mellan livsmedelstillsatser som produceras från samma ursprung. Varje livsmedelstillsats har unika förutsättningar och utmaningar. Att dra generella slutsatser kring livsmedelstillsatser kan därför vara svårt. Varje livsmedelstillsats behöver granskas individuellt för att kunna optimera produktionen av tillsatsen.

De vanligaste livsmedelstillsatserna inom funktionsgruppen färgämnen som kan produceras naturligt är karotenoiderna betakaroten E160a, paprikaoleoresin E160c samt lykopen E160d, antocyaninen antocyan E163, betalainen betanin E162 och klorofyllen med samma namn, klorofyll E140.

De vanligaste naturliga livsmedelstillsatserna ger en bred variation av färggivande pigment men studien konstaterar att det finns ett ännu bredare spektrum av livsmedelsfärger med syntetiskt ursprung, vilket ger större möjligheter till variation av färgnyanser vid användning av syntetiska motsvarigheter.

Slutligen konstateras i studien att gynnsamma odlingsförhållanden som exempelvis hög ljusintensitet och optimal odlingstemperatur under växtsäsongen, samt goda odlingsmetoder vilket till exempel innebär en förhållandevis tidig sådd och odling av pigmentrika sorter av trädgårdsgrödor, kan vara avgörande för att få höga koncentrationer av pigment vid produktion av naturliga livsmedelstillsatser av typen färgämnen. Även en effektiv hantering efter skörd genom optimal lagringstemperatur, lagringstid och gynnsamma ljus och syreförhållanden har betydelse för hur väl pigmenten bevaras i grödorna fram till produktion av livsmedelstillsatserna.

5. Vidare studier

För fortsatta studier angående livsmedelstillsatser och dess påverkan i avseendet social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet följer här några möjliga frågeställningar att arbeta vidare med:

Skulle användandet av restprodukter från trädgårdsgrödor vid produktion av naturliga livsmedelstillsatser kunna bidra till ökad lönsamhet eller nya produktionsgrenar inom trädgårdsnäringen i Sverige?

Konsumenter är generellt sett mer positivt inställda till naturliga livsmedelstillsatser än till de syntetiska motsvarigheterna, men finns det skillnader mellan naturliga livsmedelstillsatser och deras syntetiska motsvarigheter i avseendet social, ekonomiskt och miljömässig hållbarhet?

6. Referenser

Amorim-Carrilho, K.T., Cepeda, A., Fente, C., Regal, P. (2014). Review of methods for analysis of carotenoids. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 56, ss. 49–73. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993614000193> [2020-05-02]

Artés, F., Minguéz, M.I., Hornero, D. (2002). Analysing changes in fruit pigments. I: MacDougall, D. (red.), *Colour in Food: Improving Quality*. Cambridge: Elsevier, ss. 266.

Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, vol. 99, (1) ss. 58–71. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022> [2020-05-17]

Axfood (2018). *E-nummer och tillsatser – varför har ni det i era egna varor?*. Tillgänglig: <https://www.axfood.se/kontakt/fragor-och-svar/e-nummer-och-tillsatser--varfor-har-ni-det-i-era-egna-varor/> [2018-04-09]

Balasundram, N., Sundram, K., Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem.*, vol. 99, ss. 191–203. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042> [2020-05-09]

Brandt, S., Pek, Z., Barna, E., Lugasi, A., Helyes, L. (2006). Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 86, ss. 568–572. DOI: 10.1002/jsfa.2390 Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.2390> [2020-05-01]

Breithaupt D.E. (2004). Simultaneous HPLC determination of carotenoids used as food coloring additives: applicability of accelerated solvent extraction. *Food Chemistry*, vol. 86, ss. 449–456. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814603005934> [2020-04-11]

Buchweitz, M. (2016). 17 - Natural Solutions for Blue Colors in Food I: Carle, R. & Schweiggert, R.M. (red.) *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages Industrial Applications for Improving Food Color*. Stuttgart: Woodhead Publishing, ss. 355–384. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00017-8> [2020-05-14]

Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, de L., Páez-Hernández, E., Rodríguez, J. A., Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, vol. 113 (4), ss. 859–871. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001> [2020-04-26]

Carocho, M., Filomena Barreiro, M., Morales, P., C.F.R. Ferreira, I. (2014). Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 13. ss. 377–399 Tillgänglig: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065> [2018-03-15]

Carocho, M., Morales, P., C.F.R. Ferreira, I. (2015). Natural food additives: Quo vadis?. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45. ss. 284–295. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007> [2020-05-10]

Chapman, S. (2011). Guidelines on approaches to the replacement of Tartrazine, Allura Red, Ponceau 4R, Quinoline Yellow, Sunset Yellow and Carmoisine in foods and beverages. Great Britain. Food Standards Agency. Tillgänglig: <https://www.reading.ac.uk/foodlaw/pdf/uk-11026-removing-colours-guidance.pdf> [2020-05-02]

Curl, A. L. (1964). Bell Pepper Carotenoids: The carotenoids of green bell pepper. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 12, ss. 522–524. Tillgänglig: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf60136a010> [2020-04-21]

Davies B. H., Matthews S., Kirk J. T. O. (1970). The nature and biosynthesis of the carotenoids of different colour varieties of capsicum annuum. *Phytochemistry*. vol. 9, ss. 797–805 Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942200851833?via%3Dihub> [2020-04-21]

Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.*, vol. 83, ss. 369–382 Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.1370> [2020-06-03]

EFSA (2010). Scientific Opinion on the appropriateness of the food azo-colours Tartrazine (E 102), Sunset Yellow FCF (E 110), Carmoisine (E 122), Amaranth (E 123), Ponceau 4R (E 124), Allura Red AC (E 129), Brilliant Black BN (E 151), Brown FK (E 154), Brown HT (E 155) and Litholrubine BK (E 180) for inclusion in the list of food ingredients set up in Annex IIIa of Directive 2000/13/EC. *EFSA Journal*, vol. 8, Tillgänglig: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1778> [2018-04-09]

Europeiska unionen (2008a). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) NR 1334/2008 av den 16 december 2008 om aromer och vissa livsmedels ingredienser med aromgivande egenskaper för användning i och på livsmedel och om ändring av rådets förordning (EEG) nr 1601/91, förordningarna (EG) nr 2232/96 och (EG) nr 110/2008 samt direktiv 2000/13/EG. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1334&rid=1> [2018-04-11]

Europeiska unionen (2008b). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) NR 1333/2008 av den 16 december 2008 om livsmedelstillsatser
EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) NR 1333/2008.
Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&rid=1> [2020-04-06]

Europeiska unionen (2008c). EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) NR 1332/2008 av den 16 december 2008 om livsmedelsenzymmer och om ändring av rådets direktiv 83/417/EEG, rådets förordning (EG) nr 1493/1999, direktiv 2000/13/EG, rådets direktiv 2001/112/EG samt förordning (EG) nr 258/97. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1332&rid=1> [2018-03-20]

FAO och WHO (2007). Food Labelling Fifth edition. ss. 2, 12. Tillgänglig: <http://www.fao.org/3/a-a1390e.pdf> [2018-04-11]

Feketea, G. & Tsabouri, S. (2017). Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality?. *Food Chemistry*, vol. 230, ss. 578–588. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.043> [2018-03-07]

Francis F.J. (1995). Quality as influenced by color. *Food Quality and Preference*, vol. 6 (3), ss. 149–155. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(94\)00026-R](https://doi.org/10.1016/0950-3293(94)00026-R) [2020-04-22]

Francis F.J. (2002). 12 - Food colorings. *Colour in Food Improving Quality*, ss. 297–330. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1533/9781855736672.2.297> [2020-05-01]

Gallena, C. & Plab, J. (2013). Allergie et intolérance aux additifs alimentaires (Allergy and intolerance to food additives). *Revue Française d'Allergologie*, vol. 53, ss. 9–18. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1016/S1877-0320\(13\)70044-7](https://doi.org/10.1016/S1877-0320(13)70044-7) [2018-04-04]

Gamila, Y. Attia., Moussa, M. E. M., Sheashea, E. R. (2013). CHARACTERIZATION OF RED PIGMENTS EXTRACTED FROM RED BEET (BETA VULGARIS, L.) AND ITS POTENTIAL USES AS ANTIOXIDANT AND NATURAL FOOD COLORANTS. *Egypt. J. Agric. Res.*, vol. 91 (3), ss. 1095–1110. Tillgänglig: <http://www.arc.sci.eg/ejar/UploadFiles/Publications/949601%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AD%D8%AB%20%D8%A7%D9%84%D8%AB%D8%A7%D9%84%D8%AB%20%D8%AA%D9%83%D9%86%D9%88%D9%84%D9%88%D8%AC%D9%8A%D8%A7%20%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%BA%D8%B0%D9%8A%D8%A9.pdf> [2020-05-03]

Gunnerud, U. & Bryngelsson, S. (2015). *Tillsatser i livsmedel - fakta och aktuellt kunskapsläge avseende omdiskuterade hälsoaspekter*. Lund: SNF Swedish Nutrition Foundation. Tillgänglig: <http://snf.ideon.se/wp-content/uploads/2015/12/Tillsatser-i-mat-rapport-definitiv-nov2015.pdf> [2018-04-13]

Harrison, J.E. & Beveridge, T. (2002). Fruit structure of *Hippophae rhamnoides* cv. Indian Summer (sea buckthorn). *Can. J. Bot.*, vol. 80, ss. 399–409. DOI: 10.1139/B02-016
Tillgänglig: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/b02-016> [2020-05-16]

Heinonen, M. I. (1990). Carotenoids and Provitamin A Activity of Carrot (*Daucus carota* L.) Cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 38, ss. 609–612. Tillgänglig:
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00093a005> [2020-05-12]

Hendry G.A.F. (1996). Chlorophylls and chlorophyll derivatives. I: Hendry G.A.F., Houghton J.D. (red.), *Natural Food Colorants*. Boston: Springer, MA ss. 131–156
Tillgänglig: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2155-6_5#citeas [2020-05-07]

Hong, V. & Wrolstad, R. E. (1990a). Characterization of Anthocyanin-Containing Colorants and Fruit Juices by HPLC/Photodiode Array Detection. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 36, ss. 698–708. Tillgänglig: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00093a025> [2020-05-16]

Hong, V. & Wrolstad, R. E. (1990b). Use of HPLC Separation/Photodiode Array Detection for Characterization of Anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.*, vol. 36, ss. 698–708.
Tillgänglig: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00093a025> [2020-05-16]

ICA (2018). *E-nummer Tillsatser i mat - därför behövs de*. Tillgänglig:
<https://www.ica.se/halsa/artikel/tillsatser-i-mat-darfor-behovs-de/> [2018-04-09]

Jarén-Galán, M., Nienaber U., Schwartz S. J. (1999). Paprika (*Capsicum annum*) Oleoresin Extraction with Supercritical Carbon Dioxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 47, ss. 3558–3564. Tillgänglig: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf9900985> [2020-04-21]

Konde, Å. B., Staffas, A., Dahl, P., Becker, W. (1996). Karotenoider i livsmedel i Sverige. Rapport 12/96, Livsmedelsverket. Tillgänglig:
<http://toolbox.foodcomp.info/References/GreyLiterature/Konde%20et%20al%20-%20-%20Karotenoider%20i%20livsmedel%20i%20Sverige,%20Rapport%2012-96.pdf>
[2020-05-01]

Konsumentföreningen Väst (2010). *Motionsbilaga innehåller dagordning 2010*. Göteborg. Tillgänglig: https://www.coop.se/globalassets/vast/vb/kf_mb_2010_low.pdf [2018-04-09]

König, J. (2015). Food colour additives of synthetic origin. *Colour Additives for Foods and Beverages*, ss. 35–60. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-011-8.00002-7>
[2018-04-13]

Livsmedelsverket (2007). *Livsmedelsverkets föreskrifter om livsmedelstillsatser*. Livsmedelsverkets författningssamling (LIVSFS 2007:15) Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/nummerordning---upphord-lagstiftning/2007/livsfs-2007-15-livsmedelstillsatser.pdf> [2018-02-15]

Livsmedelsverket. (2008). *Tillsatser i livsmedel – en faktabok*. 4. rev. uppl. Uppsala: Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket. (2017b). *Godkännande av tillsatser*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/godkannande> [2018-04-06]

Livsmedelsverket (2017d). *Azofärgämnen*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/fargamnen/azofargamnen> [2018-04-05]

Livsmedelsverket (2018a). *Sök E-nummer*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer> [2018-02-15]

Livsmedelsverket (2018b). *Tillsatser*. Tillgänglig: <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/138/tillsatser> [2018-04-10]

Livsmedelsverket (2019a). *Tillsatser*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/produktion-av-livsmedel/tillsatser-aromer-enzymmer/tillsatser> [2020-04-04]

Livsmedelsverket (2020a). *Övriga*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/ovriga> [2020-04-02]

Livsmedelsverket (2020b). *E 160e - Beta-apo-8'-karotenal*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-160e-beta-apo-8-karotenal> [2020-04-10]

Livsmedelsverket (2020c). *E 160b - Annattoextrakt*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-160b---annattoextrakt> [2020-04-10]

Livsmedelsverket (2020d). *E 160a - Karotener*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-160a---karotener> [2020-04-12]

Livsmedelsverket (2020e). *E 160c - Paprikaoleoresin*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-160c---paprikaoleoresin> [2020-04-18]

Livsmedelsverket (2020f). *E 163 - Antocyaner*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-163---antocyaner> [2020-04-25]

Livsmedelsverket (2020g). *E 160d - Lykopen*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-160d---lycopen> [2020-05-01]

Livsmedelsverket (2020h). *E 162 - Rödbetsrött*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-162---rodbetsrott> [2020-05-03]

Livsmedelsverket (2020i). *E 140 - Klorofyller*. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-140---klorofyller> [2020-05-06]

Livsmedelsverket Finnish Food Authority (2019). *Funktionsnamn för tillsatser*. Tillgänglig: <https://www.ruokavirasto.fi/sv/foretag/livsmedelsbranschen/tillverkning/krav-for-sammansattning/medel-som-forbattar-livsmedel/tillsatser/funktionsnamn-for-tillsatser/> [2020-04-02]

Mattsson, K. (2003). *Lagring och hantering av grönsaker*. [Broschyr]. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p7_14.pdf [2020-05-16]

McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., O Warner, J., Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*, vol. 370, ss. 1560–1567. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61306-3) [2018-04-09]

Minguez-Mosquera M. I., Pérez-Gálvez A., Hornero-Méndez D. (2008). Color Quality in Red Pepper (*Capsicum annum*, L.) and Derived Products. *Color Quality of Fresh and Processed Foods* 983. uppl. American Chemical Society. Tillgänglig: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2008-0983.ch023#> [2018-03-28]

Mortensen, A. (2006). Carotenoids and other pigments as natural colorants. *Pure Appl. Chem.*, vol. 78 (8) ss. 1477–1491 doi:10.1351/pac200678081477

Näringsdepartementet (2016). *En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet*. Stockholm: Elanders. (Kortversion av regeringens proposition 2016/17:104) Tillgänglig: https://www.regeringen.se/4908a0/contentassets/89c5b3e5d23f473d843d12f12379d07b/livsmedelsstrategin_kortversion_170130.pdf [2020-05-10]

Olsson, M. (1999). *De livsviktiga antioxidanterna - Lagringen betydelsefull för halter i frukt och grönt*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Fakta Trädgård 1999:3) Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktatradgard/pdf99/tr.99-03.pdf> [2018-02-15]

Panda, H. (2013). *The Complete Book on Fruits, Vegetables and Food Processing* Delhi: Niir Project Consultancy Services.

Pazmiño-Durán, E. A., Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., Beatriz, M., Glória, A. (2001). Anthocyanins from *Oxalis triangularis* as potential food colorants. *Food Chemistry*, vol. 75 (2), ss. 211–216. Tillgänglig: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00201-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00201-1) [2020-04-26]

Petersson, G. (2009a). *FLAVONOIDER som antioxidanter i frukt och grönt och i andra njutningsmedel*. Göteborg: Kemi- och Bioteknik, Chalmers. (Rapport till Cancer- och Allergifonden inom projektet Biokemisk granskning av konsumentprodukter) Tillgänglig: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/89191.pdf> [2020-04-25]

Petersson, G. (2009b). *KAROTENOIDER Karotener och Xantofyller som Antioxidanter i färgglada frestelser*. Göteborg: Kemi- och Bioteknik, Chalmers. (Rapport till Cancer- och Allergifonden inom projektet Biokemisk granskning av konsumentprodukter) Tillgänglig: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/89193.pdf> [2020-05-01]

Potter, N.N. & Hotchkiss, J.H. (1995). *Food science*. 5. uppl. New York: Chapman and Hall, ss. 415–417. Tillgänglig: https://www.academia.edu/37859281/Food_science [2020-05-02]

Rodriguez-Amaya, D.B. (2016). Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science*, vol. 7, ss. 20–26. Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799315001046> [2018-02-15]

Saltmarsh, M. (2013). *Essential guide to food additives*. 4. uppl. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. Tillgänglig: [https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=V4p77KU8BE0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Saltmarsh,+M.+\(2013\).+Essential+guide+to+food+additives&ots=ZtvRSvyr6X&sig=NWSSc29yKLC7GqpYfXSnjU6NPFU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=V4p77KU8BE0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Saltmarsh,+M.+(2013).+Essential+guide+to+food+additives&ots=ZtvRSvyr6X&sig=NWSSc29yKLC7GqpYfXSnjU6NPFU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) [2018-03-15]

Saltmarsh, M. (2015). Recent trends in the use of food additives in the United Kingdom. *J Sci Food Agric*, vol. 95, ss. 649–652. DOI 10.1002/jsfa.6715 Tillgänglig: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jsfa.6715> [2020-05-17]

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B., Cano, P. (2006). Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chemistry*, vol. 98 (4), ss. 749-756. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.015> [2020-05-17]

Singh S. (2006). Impact of color on marketing. *Management Decision*, vol. 44 (6), ss. 783–789. Tillgänglig: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/00251740610673332/full/pdf?title=impact-of-color-on-marketing> [2020-04-22]

Sjögren Bolin, Y. (2019). *Överkänslighet mot tillsatser och organiska syror i mat*. Uppsala: Livsmedelsverket. (Livsmedelsverkets rapportserie, L 2019:1). Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2019/l-2019-nr-11-overkanslighet-mot-tillsatser-och-organiska-syror-i-mat.pdf> [2020-04-05]

Solymosi, K., Latruffe, N., Morant-Manceau, A., Schoefs, B. (2015). Food colour additives of natural origin. *Colour Additives for Foods and Beverages*, ss. 3–34. Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-011-8.00001-5> [2018-04-10]

Xiangqun, G. (2000). *Små bär har stor betydelse – mer antioxidanter än i frukt*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Fakta Trädgård 2000:2) Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/ew-centrala/forskn/popvet-dok/faktatradgard/pdf00/tr.00-02.pdf> [2018-02-15]