



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Faculty of Natural Resources and
Agricultural Sciences

Alternativ till nitrittillsatser i charkurerivaror

Alternatives to nitrite in cured meat products

Julia Engsner

Examensarbete/Självständigt arbete • 15hp

Agronomprogrammet – Livsmedel

Molekylära vetenskaper, 2018:20

Uppsala, 2018

Alternativ till nitrittillsatser i charkuterivaror

Alternatives to nitrite in cured meat products

Julia Engsner

Handledare: Sabine Sampels, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för molekylära vetenskaper

Examinator: Jana Picova, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för molekylära vetenskaper

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå

Kurstitel: Självständigt arbete i livsmedelsvetenskap - kandidatarbete

Kurskod: EX0669

Program/utbildning: Agronomprogrammet - Livsmedel

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2018

Serietitel: Molekylära vetenskaper

Delnummer i serien: 2018:20

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

Nyckelord: Nitrat, Nitrit, Alternativ till nitrittillsatser, Charkuterivara, Korv, Skinka Växtextrakt, Grönsaks juice pulver, Eteriska oljor, Rosmarinextrakt, Kitosan, Lysosym, Bacteriociner, Nisin, Natriumlaktat, High Hydrostatic Pressure

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för molekylära vetenskaper

Sammanfattning

Nitrit anses vara en multifunktionell tillsats som används i charkuterivaror. Den bidrar med färg, smak, och verkar antioxidativt och antimikrobiellt. Till sin nackdel bidrar nitrit till bildandet av potentiellt cancerogena nitrosaminer vid intag eller under upphettning. Nitrit är därav en av de mer debatterade tillsatserna. I och med allt mer hälsomedvetna konsumenter och trenden av rena innehållsförteckningar utan syntetiska tillsatser ökar efterfrågan om mer naturligt processade produkter. Producenter bör således utveckla alternativ till nitrit. I denna studie görs en sammanställning av den vetenskapliga informationen om potentiella alternativ till nitrittillsatser.

Växt- animalie- och bakteriebaserade alternativ och HHP (High Hydrostatic Pressure) behandling studeras och deras antibakteriella, antioxidativa, färggivande och sensoriska egenskaper granskas. Hittills har dock inte ett enda alternativ ensamt kunnat ersätta nitrit helt. Det kan dock produceras säkra charkuterivaror i kombination med olika tillsatser och eller beredningsmetoder.

Nyckelord: Nitrat, Nitrit, Alternativ till nitrittillsatser, Charkuterivara, Korv, Skinka Växtextakt, Grönsaks juice pulver, Eteriska oljor, Rosmarinextrakt, Kitosan, Lysosym, Bacteriociner, Nisin, Natriumlaktat, High Hydrostatic Pressure

Abstract

Nitrite is considered to be a multifunctional food additive used in cured meat products. It affects color and taste and has antioxidative and antimicrobial properties. To its disadvantages, nitrite contributes to the formation of potential cancerogenic nitrosamines when ingested. Nitrite is therefore one of the more discussed food additives. With an increase in health conscious consumers and a demand of clean-labeled products manufactures have to thus develop alternatives. In this study, a summary of the scientific information about potential alternatives to nitrate is reviewed. Plant- animal- and bacterial based alternatives and HHP (High Hydrostatic Pressure) treatment are studied and their antimicrobial, antioxidative, color and sensory properties are reviewed. To date no single alternative alone has been able to replace nitrite completely. However, safe cured meat products can be produced with a combination of various food additives and or techniques.

Keywords: Nitrate, Nitrite, Alternative to nitrite, Cured meat, Sausage, Ham, Plant extract, Vegetable juice powder, Essential oils, Rosemary extract, Chitosan, Lysozyme, Bacteriocins, Nisin, Sodium lactate, High hydrostatic pressure.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Förkortningar	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Metod	10
2 Nitrit i människans diet	11
2.1 Kort historik fram till idag	11
2.2 Nitrits effekter på hälsa	12
3 Nitrit i charkuterivaror	13
3.1 Nitrits egenskaper	14
3.1.1 Färg	14
3.1.2 Smak	14
3.1.3 Antioxidativa egenskaper	14
3.1.4 Antibakteriella egenskaper	15
4 Alternativ till nitrit tillsatser	16
4.1 Växtbaserade alternativ	16
4.1.1 Nitratrika växtextrakt	16
4.1.2 Växtextrakt med andra aktiva ämnen	18
4.1.3 Övriga växtbaserade alternativ	19
4.2 Animaliebaserade alternativ	20
4.2.1 Kitosan	20
4.2.2 Lysozym	20
4.3 Bakteriebaserade alternativ	21
4.3.1 Bakteriociner	21
4.3.2 Organiska syror	22
4.4 Beredningsmetoder	23
4.4.1 High Hydrostatic Pressure (HHP) behandling	23
4.5 Övriga alternativ	24
5 Diskussion och slutsatser	26

Tabellförteckning

Tabell 1. Applicering av växtbaserade alternativ i olika charkuterivaror	19
Tabell 2. Applicering av animaliebaserade alternativ i olika charkuterivaror	21
Tabell 3. Applicering av bakteriebaserade alternativ i olika charkuterivaror	23
Tabell 4. Applicering av HHP behandling i olika charkuterivaror	24

Förkortningar

EO	Eteriska oljor
GDL	Glocono-delta-lacton
HHP	High hydrostatic pressure
RE	Rosmarinextrakt
VJP	Grönsaks juice pulver (Vegetable juice powder)
LAB	Mjölksyrebakterier (Lactic acid bacteria)

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Charkuterivara betyder beredd köttvara och görs av fett, kött och inälvor (exempelvis lever) av fågel, nöt, fläsk, vilt eller andra animalier. De behandlas med olika former av tillsatser eller metoder som rökning, saltning (rimmad), kokning med mera för att erhålla en ökad hållbarhet, smak och färg. Charkuterivaror kan antingen vara blandad eller oblandad. Med blandade charkuterivaror menas exempelvis emulsionskorv som falukorv och med oblandad charkuterivara menas exempelvis skinka (Nationalencyklopedin).

I samtliga charkuterivaror rekommenderas tillsatsen nitrit som konserveringsmedel (Nilson, 2017).

Nitrit har multifunktionella egenskaper vilket gör den till en populär tillsats (Alahakoon *et al.*, 2015). Den ger både smak, färg och verkar antioxidativt och antimikrobiellt. Nitrit är främst känd för att inhibera tillväxten av den patogena bakterien *Clostridium botulinum* som kan orsaka botulism (Honikel, 2008). Nitrit tillsätts i charkuterivaror i form av salt, exempel på nitrittillsatser är E250 (natriumnitrit) och E249 (kaliumnitrit) (Livsmedelsverket, 2018). Nitrat kan omvandlas till nitrit i produkter men är ovanlig att tillsätta i mer än vissa torkade charkuterivaror med lång mognadsprocess (Sebranek & Bacus, 2007).

Användandet av nitrit i livsmedel har dock en nackdel som har lett till att det är en av de mer debatterade tillsatserna (Bedale *et al.*, 2016). Nitrit kan i människan omvandlas till nitrosaminer (Oostindjer *et al.*, 2014) som är klassade som potentiellt cancerogena för människan av IARC (IARC, 2018). Den ökade hälsomedvetenheten och trenden om minimalt och naturligt processade livsmedel har gjort att efterfrågan på charkuterivaror utan tillsatt nitrit har ökat (Jayasena & Jo, 2013; Weiss *et al.*, 2010). Konsumtionen av charkuterivaror är dock stabil i Sverige (Jordbruksverket, 2016) och utvecklingen av nitritfria charkuterivaror går sakta. Vilket potentiellt alternativ till en nitrittillsats som är bäst att använda för att garantera ett säkert livsmedel och inte förlora nitritets multifunktionella egenskaper är en fråga som cirkulerar inom branschen.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att göra en sammanställning av den vetenskapliga information som finns om alternativ till nitrittillsatser i charkuterivaror.

De olika alternativens livsmedelssäkerhet och egenskaper utvärderas utifrån nitrits egenskaper (färg, smak, antioxidativ- och antimikrobiell verkan). Kortare intervjuer med industrin har gjorts för att få en bild av dagens användning av alternativa nitrittillsatser i Sverige. Frågeställningar som besvaras i detta arbete är följande; Vilka egenskaper har nitrit i charkuterivaror? Vilka alternativ till nitrittillsatser finns det? Hur bra är alternativen i förhållande till nitrits egenskaper?

1.3 Metod

I detta arbete har vetenskapliga artiklar och böcker inom ämnet använts för att besvara frågeställningen. Sökningar på databaserna *Web of science*, *Scopus*, *PubMed*, *Food Science and Technology Abstracts (FSTA)*

samt *Google scholar* har gjorts. Följande engelska sökord har använts i olika kombinationer; *nitrate*, *nitrite*, *food safety*, *cured meat*, *meat products*, *processed meat*, *substitute*, *alternative*, *food control*, *food protection*, *vegetable juice powder*, *plant extract*, *antioxidative*, *antimicrobial*, *color*, *taste*, *flavor*, *sensory*.

Artiklar har valts ut efter arbetets huvudrubrikers omfattningsområden. I de två första huvudrubrikerna (*Nitrit i människans diet* och *Nitrits egenskaper i charkuterivaror*) har översiktsartiklar prioriterats för att täcka in så mycket som möjligt av informationen. I den tredje delen (*Alternativ till nitrittillsatser*) har mer specifika forskningsartiklar använts tillhörande respektive underrubriks område. Artiklar publicerade inom de senaste 20 åren har prioriterats för att bidra med en så dagsaktuell information som möjligt. Endast vid behov av komplettering och historik har äldre artiklar använts.

2 Nitrit i människans diet

2.1 Kort historik fram till idag

Nitrat och nitrit är kvävehaltiga föreningar som förekommer naturligt i miljön. Dessa föreningar finns bland annat i vissa grönsaker och i dricksvatten. Genom historien har således nitrit förekommit i människans diet (Sindelar & Milkowski, 2012). Nitrat kan omvandlas till nitrit i människans munhåla och tarmsystem (Hord *et al.*, 2009). Det finns dokumenterat att människan under 1800-talet använde sig av nitrit i konserverande syfte i charkuterivaror (Honikel, 2008). Det finns även källor som tyder på en tidigare användning (Sindelar & Milkowski, 2012; Sebranek, 2007). Användningen tros ha börjat av misstag genom kontamination av salt (natrium) med kaliumnitrat där nitritets egenskaper erhållits (Sebranek, 2007).

Användandet av nitrat och nitrit i charkuterivaror har dock inte fått skett ostört eftersom vid upphettning eller i den sura miljön i magsäcken, kan nitrit tillsammans med sekundära aminer omvandlas till nitrosaminer. Under 1970 talet uppmärksammades bildandet av de potentiellt cancerogena nitrosaminerna och en debatt inleddes där användandet av nitrit ifrågasattes. Som resultat infördes en reglering av användning och mängden nitrit för att minska bildandet av nitrosaminer (Bedale *et al.*, 2016). Varför inte debatten berörde andra källor till nitrit än charkuterivaror är okänt (Sindelar & Milkowski, 2012). Efter förändringar i förädlingsmetoderna av charkuterivaror fortsatte nitrit att användas i livsmedel (Bedale *et al.*, 2016).

Vidare beslöt International Agency for Research on Cancer (IARC) år 2006 att klassificera nitrit som ett potentiellt cancerogent ämne för människan, grupp 2A (IARC, 2018). En nyinförlivad våg av rädsla för konserveringsmedel, syntetiska tillsatser och andra E-nummer däribland nitrit uppstod, (Bedale *et al.*, 2016) och idag 2018 fortsätter trenden tillsammans med en efterfrågan om rena innehållsförteckningar med naturliga ingredienser (Asioli *et al.*, 2017).

2.2 Nitrits effekter på hälsa

I höginkomstländer står grönsaker för 70-97 % av människans nitratintag (Grasso *et al.*, 2014). Av den nitrit människan intar står charkuterivaror för 4,8 % medan 93 % kommer från människans egna saliv (via nitrat i salivet som omvandlas till nitrit i munnen), 2,2 % av nitritet kommer från grönsaker (Archer, 2002). Även om charkuterivaror utgör en liten del av det mänskliga intaget av nitrit och nitrat finns det intresse i att minska dessa föreningar i charkuterivaror av hälsoskäl.

Nitrit är ett mycket reaktivt ämne vilket i köttprodukter genomgår flertalet reaktioner vilket är både till dess fördel och nackdel (Honikel, 2008). Den största nackdelen är att nitrit tillsammans med sekundära aminer kan bilda nitrosaminer (Oostindjer *et al.*, 2014; Ferguson, 2010). Nitrosaminer bildas under sura förhållanden som i magsäcken hos människan (Oostindjer *et al.*, 2014). Processen kan även katalyseras av haem-järn som finns i processat kött (Cross *et al.*, 2003). Även vid höga temperaturer, som vid stekning, ökar bildandet av nitrosaminer (Oostindjer *et al.*, 2014).

Höga halter av nitrat och nitrit kan även orsaka det ovanliga men akuta tillståndet methemoglobinemia varvid syretransporten i blodet försämras (Hakeem *et al.*, 2017). Det är främst spädbarn som drabbas. Därav ska bröstmjölksersättning inte blandas med vatten rika på nitrat eller nitrit. Barn under 1 år rekommenderas heller inte äta nitrat- eller nitritrika livsmedel (Livsmedelsverket, 2018).

Det som lätt glöms bort i frågan om nitrit är dess hälsofördelar. Nitrat och nitrit i kroppen kan omvandlas till kväveoxid som har flertalet positiva hälsoeffekter. Bland annat motverkar kväveoxid kardiovaskulära sjukdomar genom att sänka blodtrycket (McDonagh *et al.*, 2018; Jackson *et al.*, 2017). Kväveoxid spelar en roll i immunsystemet i tarmen och kan även öka syreupptagningsförmågan och skydda mot magsår (McDonagh, 2018)

3 Nitrit i charkuterivaror

3000 år före Kristus, innan metoder som frysning, kylförvaring och tillsatser var saltning en av de metoder som användes för att bevara kött- och fiskprodukter (Sindelar & Milkowski, 2011). Nitrit kom sedan att börja tillsättas tillsammans med salt i charkuterivaror under 1800-talet (Honikel, 2008). Detta har lett till att konsumenten idag förväntar sig vissa egenskaper hos en charkuterivara. Den ska vara röd och smaka på ett visst vis. Konsumenten och även producenten förväntar sig ett säkert livsmedel med lång hållbarhet. Alla dessa egenskaper är förknippade med nitrit vilket gör nitrit till en multifunktionell tillsats (Sebranek & Bacus, 2007).

Nitrit är ett mycket reaktivt ämne och kan fungera oxiderande, reducerande och nitrolyserande. Nitrit kan reagera med kolhydrater och lipider i köttet och omvandlas till en mängd olika föreningar, däribland salpetersyra, kväveoxid och nitrat (Honikel, 2004). Dess egenskaper (färggivande, antioxidativa och antimikrobiella) kan förklaras av samma kemiska mekanismer. Det är den snäva bindningen av kväveoxid till haem-pigment eller essentiella bakteriella järn-svavelproteiner som utgör resultatet av denna kemiska mekanism (Parthasarathy & Bryan, 2012). Denna kemiska mekanism kommer inte att behandlas ingående i denna uppsats. Nedan presenteras nitrits egenskaper i charkuterivaror.

3.1 Nitrits egenskaper

3.1.1 Färg

Den röda färgen hos charkuterivaror är en av de viktigaste egenskaperna av nitrit och beror på koncentrationen av järnpigment och deras tillstånd (Parthasarathy & Bryan, 2012). Den röda färgen utvecklas i ett antal komplicerade reaktionssteg tills NO-myoglobin bildas (Honikel, 2008). Under värmebehandling blir komplexet stabilt vilket beror på att proteindelen i myoglobinpigmentet denatureras (Parthasarathy & Bryan, 2012). Denna förening är värmestabil upp till 120 grader (Honikel, 2008). Det finns ämnen som kan påskynda reaktionen, detta gör att mängden tillsatt nitrit kan minskas i produkten. Askorbat ett av dessa ämne som kan påskynda reaktionen genom att omvandla Fe^{3+} till Fe^{2+} (Parthasarathy & Bryan, 2012). Andra faktorer som påverkar färgen är pH, antal reduktanter temperatur och tid (Sindelar & Milkowski, 2011).

Även om en liten mängd om 2-14 ppm är tillräckligt för att utveckla den röda färgen i charkuterivaran, krävs en större mängd för att undvika en ojämn färg och bevara den utvecklade färgen under charkuterivarans hållbarhetstid (Sebranek & Bacus, 2007) Eftersom de kvarvarande nitritnivåerna i den färdiga produkten minskar gradvis på grund av oxidation- och ljusreducerad blekning över lagringsperioden (Alahakoon *et al.*, 2015), rekommenderas en restnitritnivå av 10-15 ppm. Detta som reservoar huvudsakligen för regenerering av den röda färgen (Sindelar & Milkowski, 2011).

3.1.2 Smak

Nitrit bidrar med en karaktäristisk smak åt charkuterivaror som även innefattar arom, doft och textur. Denna egenskap behandlas som sensoriska egenskaper genom arbetets gång. Dock är denna process den minst förstådda av nitrits många egenskaper (Sebranek & Bacus, 2007). Det man hittills har kunnat komma fram till är att den karaktäristiska smaken kan hänföras till de kemiska reaktionerna av nitrit (Alahakoon *et al.*, 2015). En del av smakskillnaderna tros bero på nitritets antioxidativa egenskaper. Andra antioxidanter ger dock inte samma smakförändring (Sebranek & Bacus, 2007).

En mängd av 50 ppm anses vara tillräcklig för att utveckla smakskillnader mellan oprocessade produkter och färdiga produkter. Mängder över 50 ppm ger ingen smakförbättring (Sindelar & Milkowski, 2011)

3.1.3 Antioxidativa egenskaper

En annan anmärkningsvärd egenskap nitrit har är dess förmåga att verka mot härskning och en ”återuppvärmd” smak som uppkommer vid upphettning av en charkuterivara (Alahakoon *et al.*, 2015). Som nämnt tidigare omvandlas nitrit till

kväveoxid i charkuterivarar. Kväveoxid har antioxidativa egenskaper på grund av dess verkan som elektronacceptor. Det är dock kväveoxids förmåga att binda och stabilisera haemjärn som utgör den huvudsakliga antioxidativa egenskapen. Detta bidrar till mindre fritt järn i charkuterivarar som annars är en potent katalysator av lipidoxidation (Parthasarathy & Bryan, 2012).

Nitrit har visats hämma den ”återuppvärmda” smaken vid relativt låga nivåer om 50 ppm, fullständig hämning har skett vid nivåer om 200 ppm (Parthasarathy & Bryan, 2012). Den antioxidativa effekten av nitrit har nivåer av 40 ppm rapporterats (Al-Shuibi & Al-Abdullah, 2002).

3.1.4 Antibakteriella egenskaper

Nitrits antibakteriella egenskap är tillsammans med den röda färgen en av nitrits viktigaste egenskaper. I kombination med andra salter eller ensam kan nitrit hämma tillväxten av flera anaeroba och aeroba bakterier (Alahakoon *et al.*, 2015). Nitrit verkar både bakteriostatiskt och bakteriocidalt (Sebranek & Bacus, 2007) genom att hämma metaboliska enzymer, begränsa syreupptag, och bryta ner protongradienten hos bakterier (Alahakoon *et al.*, 2015). Kväveoxid som bildas begränsar även fritt järn som är nödvändigt för enzymfunktionalitet, bakteriell metabolism och tillväxt (Alahakoon *et al.*, 2015). På grund av reaktiviteten hos järn och nitrit binder nitritet starkt med järn-svavelkomplexet och hemjoner av enzymer (Cui *et al.*, 1992).

Nitrit är välkänt för att förhindra tillväxt och toxinproduktion av *C.botulinum* i charkuterivaror (Sindelar & Milkowski, 2011) för att helt kunna kontrollera botulism (Alahakoon *et al.*, 2015). Inhibering av *C.botulinum* har rapporterats vid 50 ppm i varmkorvar (Jafari & Emam-Djomeh, 2007). Patogena bakterier som *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* och *Clostridium perfringens* har även rapporterats kunna kontrolleras av nitrit (Alahakoon *et al.*, 2015; Parthasarathy & Bryan, 2012; Honikel, 2004).

4 Alternativ till nitrit tillsatser

Idag finns en oro hos konsumenter för syntetiska tillsatser och deras hälsorisker vilket har gjort att efterfrågan på ekologiska och lågprocessade livsmedel har ökat. Inom köttindustrin tas alternativ till nitrit tillsatser fram för att bemöta efterfrågan (Alahakoon *et al.*, 2015; Weiss *et al.*, 2010). Det har dock visat sig vara svårt att helt ersätta nitrit på grund av dess multifunktionella egenskaper (Alahakoon *et al.*, 2015). Nedan presenteras några av de alternativ som studerats i syfte att helt eller delvis utesluta en nitrit tillsats i charkuterivaror. Alternativen är uppdelade i växtbaserade alternativ, animaliebaserade alternativ och bakteriebaserade alternativ och alternativa beredningsmetoder.

Utöver de alternativen som presenteras i denna studie och som inte tas upp är bland annat växtbaserade: körsbärspulver och citrusbaserade alternativ; animaliebaserade: laktoferrin; bakteriebaserade: lactacin, pedicin, reuterin och enterosin; vitaminer: α -tokoferol, som även de visats sig vara potentiella alternativ till en nitrit tillsats. Hur de olika alternativen som tas upp i detta arbete ska appliceras i industrin och dess behov av utrustning eller inköpskostnad tas heller inte upp i denna studie.

4.1 Växtbaserade alternativ

De växtbaserade alternativen har undersökts i stor utsträckning och har funnits ha stor potential att verka antibakteriellt, antioxidativt samt motverka brunfärgning av köttprodukter (Hugo & Hugo, 2015).

4.1.1 Nitratrika växtextrakt

Grönsaker som selleri, rödbeta, spenat och rädisa har rapporterats innehålla stora mängder nitrat om 2500 mg per kilo (Santamaria, 2006). Mörkgröna bladväxter har visats innehålla högst nitrat- och nitrithalt av alla grönsaker (Bahadoran *et al.*, 2016). De nitratrika grönsakerna kan processas till juicepulver, kallat växtjuicepulver (VJP) som sedan kan tillsättas som en indirekt nitrit tillsats i charkuterivaror (Sebranek & Bacus, 2007). Denna typ av tillsats anses vara en naturlig tillsats

(Grasso *et al.*, 2014) då den inte innehåller syntetiskt framställt nitrit. Tidigare tillsattes nitratreducerande bakteriekulturer tillsammans med VJP för att reducera nitrat till nitrit under tillverkningsprocessen (Sebranek & Bacus, 2007). Nackdelen med att tillsätta en nitratkälla är att mängden nitrit är svår att mäta på grund av dess reaktivitet (Krause *et al.*, 2011). Idag används redan förkonverterad VJP där nitraten redan är omvandlat till nitrit. Denna typ av tillsats är att föredra då nitritmängden är känd (Grasso *et al.*, 2014) och ingen inkubationstid krävs (Sebranek & Bacus, 2007). I en studie skiljde sig inte skinka behandlad med VJP och nitratreducerande bakteriekultur och förkonverterade VJP i färg eller kvarvarande nitritnivåer. Kontrollen med tillsatt nitrit hade en rödare färg under lagringsperioden och högre nivåer av kvarvarande nitrit (Krause *et al.*, 2011).

Selleripulver är vanligt att använda eftersom den innehåller mycket lite pigment och bidrar inte med smak åt produkten (Alahakoon *et al.*, 2015). Vanligen innehåller de förkonverterade selleripulvren 10 000 -15 000 ppm natriumnitrit (Sindelar *et al.*, 2010). I en studie gjord av (Sindelar *et al.*, 2007) kunde en mängd av 0,2 % VJP tillsättas till kokt skinka utan att sensoriska skillnader uppstod. Vid en nivå av 0,35 % uppstod en oönskad grönskasmak. En nackdel med selleri är att den kan orsaka allergena reaktioner hos vissa människor och därför måste skrivas ut på innehållsförteckningen i Sverige (Livsmedelsverket, 2017).

Persilja är ett alternativt VJP som undersökts då den är rik på nitrat och är mindre allergen än selleri VJP. I en studie gjord på den italienska korven Mortadella visade det sig att > 60 ppm nitrat från persilja VJP var jämförbar med konventionellt processad Mortadella med tillsatt nitrit vid inhibering av *L.monocytogenes*. En tillsatt mängd av 120 ppm persilja VJP gav samma röda färg under större delen av lagringsperioden. Sensorisk analys visade på att konsumenter var mer accepterande av höga halter persilja VJP, men att halterna var omätbara (Riel *et al.*, 2017).

Rödbeta är en annan mycket nitratrik grönsak som potentiellt kan användas som en alternativ nitrittillsats. I en studie undersöktes rödbets VJP i olika koncentrationer tillsammans med nitrit och ensam i turkisk fermenterad korv. Studien visade på att oxidationen var högre i de prov med låg nitrit/ingen nitrit och en större mängd rödbets VJP. Det prov med endast tillsatt rödbets VJP (0,35 %) visade på en högre mängd kvarvarande nitrit under lagringsperioden. Antalet mjölksyrebakterier var även högt i detta prov antagligen på grund av att rödbets VJP fungerade som substrat till dessa. Den röda färgen skilde sig åt i början av lagringsperioden mellan de prov innehållande nitrit och de provet utan nitrit. Provet innehållande endast rödbets VJP hade en signifikant mindre röd färg. I slutet av lagringsperioden observerades ingen signifikant skillnad mellan provgrupperna. De sensoriska egenskaperna hos korvarna var jämförbara med de innehållande endast nitrit (Sucu, 2018).

4.1.2 Växtextrakt med andra aktiva ämnen

Grönsaker, frukt, bär, kryddor och örter är rika på eteriska oljor (EO) som har naturligt antioxidativa och antimikrobiella egenskaper. Dessa egenskaper beror på EO innehåll av fenoler, organiska syror, aldehyder, ketoner, terpenor och flavonoider som kan orsaka skada hos mikroorganismer genom att förstöra deras cellmembran vilket leder till läckage av cellulära komponenter (Tiwari *et al.*, 2011; Oussalah *et al.*, 2006). Dessa ämnen kan även inhibera produktion av sekundära metaboliter som exempelvis toxiner (Tiwari *et al.*, 2011).

De EO av löv (ex. oregano, timjan, rosmarin, salvia, basilika), blommor eller knoppar (ex. klöver), lök (ex. vitlök), frön (ex. fänkål, persilja, muskotnöt), frukter (ex. kardemumma, paprika) eller andra delar (ex. bark) ansvarar för de antimikrobiella egenskaperna (Tiwari *et al.*, 2011) och verkar antioxidativt (Shah *et al.*, 2014). Dessa EO har i stor utsträckning använts som smakämnen eller som medicin genom historien (Tiwari *et al.*, 2011). I en studie visade det sig att av 90 testade växtextrakt hade 15 stycken antimikrobiell verkan mot *C.botulinum*. Av dessa hade rosmarin, oregano, lagerblad, kanel, krysantemum, svartpeppar, vitpeppar och spiskummin en svag effekt medan klöver, citron, lakrits, johannesört, salvia, eukalyptus och nejlika inhiberade *C.botulinum* väl. Bäst ansågs muskotnöt, klöver och salvia som tillsattes tillsammans med en låg nitrithalt om 10 ppm (Cui *et al.*, 2010).

I en annan studie undersöktes 13 olika EOs antibakteriella egenskaper mot 12 vanliga bakterier, däribland *C.botulinum*, *Escherichia coli*, *L.momocytogenes* och *C.perfringens*. EO av oregano, sommarkyndel och timjan visade på störst antibakteriell verkan eftersom dessa tydligt hämmade tillväxten av alla testade bakterier. De gram-positiva bakterierna visade sig vara känsligare än de gram-negativa bakterierna, störst känslighet visade *C.botulinum* och *C.perfringens*. Eftersom växtextrakten som inte innehåller nitrat inte ger alla egenskaper av nitrit föreslår författarna att använda dessa extrakt i kombination med lämplig mängd nitrit (Nevas *et al.*, 2004).

Rosmarinextrakt (RE) har visat sig ha goda antioxidativa effekter. Resultaten i en studie gjort på leverpaté där färgstabilitet, lipidoxidation, halter av askorbinsyra och nitrit innan och efter produktion och efter 48h i 4 grader Celsius studerades, visade på att RE reducerade lipidoxidationen signifikant. Ingen effekt på färgstabilitet visade sig och askorbinsyran var högre och nitrithalten var lägre vid tillsatt RE i jämförelse med kontroll (Doolaege *et al.*, 2012). Detta skiljer sig något från en studie gjort på köttfärs där RE påverkade färgstabiliteten. Färgen, under lagringsperioden, var stabilare med tillsatt RE. Samma effekt på lipidoxidationen erhöles (Balentine *et al.*, 2006).

Användningen av EO är dock delvis begränsad på grund av deras intensiva arom, men i kombination med andra metoder kan mikrobiell stabilitet och sensorisk kvalitet erhållas (Jayasena & Jo, 2013).

4.1.3 Övriga växtbaserade alternativ

Vid minskning av nitrittillsatser kan Annatto (E160b) tillsättas i charkuterivaror för att intensifiera den röda färgen (Zarringhalami *et al.*, 2009). Annatto anses vara ett naturligt färgämne som utvinns ur frukten från trädet *Bixa Orellana L.* Anetto ger en röd gul färg som främst beror på karotenoiderna 9'-cis-bixin (oljelöslig) eller 9'-cis-norbixin (vattenlöslig) i Annatto. Anetto har ett brett användnings område och används inte bara i livsmedel, utan även i kosmetika och mediciner (Scotter *et al.*, 2001). Vid ersättning av nitrit med 60 % Annatto (1% norbixin) i korv med 70 % respektive 55 % kött erhöles den bästa färgen utan att någon signifikant skillnad i mikrobiell tillväxt eller sensoriska egenskaper uppstod (Zarringhalami *et al.*, 2009).

Även tomat har testats för dess färggivande och antioxidativa egenskaper i charkuterivaror (Eyiler & Oztan, 2011; Deda *et al.*, 2007; Sánchez-Escalante *et al.*, 2003). Tomatens antioxidativa egenskaper beror på det höga innehållet av karotenoiden lykopen som verkar som elektronacceptor (Adams *et al.*, 2016; Alahakoon *et al.*, 2015).

En studie gjord på Frankfurterkorvar har visat på att 12 % tomatpasta kan reducera nitritmängden från 150 ppm till 100 ppm. En tillsättning av 12 % tomatpasta ledde till lägre pH-värde och kvarvarande nitritnivåer. Korvarna blev även ljusare och gulare i färgen än kontroll (150 ppm nitrit). En mängd av 16 % tomatpasta gav en sur smak (Deda *et al.*, 2007). I en liknande studie visade det sig att tomatpulver leder till förbättrad hållbarhet genom att minska oxidationen. Vidare observerades det även att ökad mängd tomatpulver ökade den slutliga röda färgen hos produkten (Eyiler & Oztan, 2011), vilket styrker resultat från Deda *et al.* (2007). Tomattillsatser tycks således vara lämplig ersättning för att kunna reducera mängden nitrit i charkuterivaror och undvika kvalitetspåverkan och erhålla maximala fördelar (Alahakoon *et al.*, 2015). I tabellen nedan presenteras ett antal studier gjorda på charkuterivaror med växtbaserade alternativ.

Tabell 1. Applicering av växtbaserade alternativ istället för tillsatt nitrit i olika charkuterivaror

Tillsats	Testad produkt	Erhållna egenskaper	Källa
Nitratrika växtextrakt			
Förkonverterad VJP (innehållande 10000-15000 ppm nitrit)	Kokt skivad skinka	Kvarvarande nitrit ↓ Färg ↓ Sensoriska egenskaper ↑	(Krause <i>et al.</i> , 2011)
Persilje VJP + starterkultur	Mortadella	Antibakteriell verkan ↑ Färg ↑ Sensoriska egenskaper ↑	(Riel <i>et al.</i> , 2017)
Rödbets VJP	Sucuk (turkisk fermenterad korv)	Kvarvarande nitrit ↓ Färg ↑ Sensoriska egenskaper ↑ Antioxidativ verkan ↓	(Sucu, 2018).

Tillsats	Testad produkt	Erhållna egenskaper	Källa
Växtextrakt med andra aktiva ämnen			
Rosmarin, kitosan och SO ₂	Boerewors (korv)	Hållbarhet ↑ Färg ↑	(Mathenjwa <i>et al.</i> , 2012)
Rosmarinextrakt + nitrit (80ppm)	Leverpaté	Antioxidativ verkan ↑	(Doolaege <i>et al.</i> , 2012)
Övrigt			
Tomatpasta	Frankfurterkorv	Sensoriska egenskaper ↓ Färg ↑	(Deda <i>et al.</i> , 2007)
Tomatpulver	Frankfurterkorv	Antioxidativ verkan ↑ Färg ↑	(Eyiler & Oztan, 2011)
Annatto (E160b) + nitrit	Korv (55 % och 70 % kött)	Färg ↑	(Zarringhalami <i>et al.</i> , 2009)

4.2 Animaliebaserade alternativ

4.2.1 Kitosan

Kitosan är en animalisk polysackarid, en polymer bestående av N-acetylglukosamin, vilket utgör komponenten i exoskelettet hos leddjur. Kitosan framställs av krabb- och räkskal (Hugo & Hugo, 2015). Kitosan har visats ha antioxidativa egenskaper och antimikrobiell verkan mot många livsmedelsburna mikroorganismer. Dock visar det en större antimikrobiell verkan mot gram-negativa bakterier än gram-positiva bakterier (Friedman & Juneja, 2011). De antimikrobiella och antioxidativa egenskaperna hos kitosan beror på dess förmåga att orsaka skada på cellmembranen hos mikroorganismer, vattenbindningsförmåga och hämning av olika enzymer (Hugo & Hugo, 2015).

Kitosan i kombination med reducerad mängd SO₂ och rosmarinextrakt visat på en röd färg och en ökning av hållbarheten hos sydafrikans korv kallad Boerewors (Mathenjwa *et al.*, 2012). Dock är kitosan olösligt vid högt och neutralt pH vilket gör att användningen är begränsad inom livsmedel (Du *et al.*, 2009).

4.2.2 Lysozym

Lysozym (E1105) utvinns ur äggvita och har bakteriolytisk aktivitet på grund av hydrolys av β1-4 bindningen mellan N-acetalmuraminsyra och N-acetylglukosamin i peptidoglykanet hos gram-positiva bakteriers cellmembran (Irkin & Esmer, 2015). I kombination med nisin, laktoferrin och EDTA (Etylendiamintetraättiksyra) ökar effektiviteten mot gram negativa bakterier (Hugo & Hugo,

2015). Lysozym är idag endast tillåten i vissa ölsorter och lagrad ost (Livsmedelsverket).

I en studie gjort på italiensk kokt kycklingkorv visade sig att lysozym i kombination med nitrit (50 % tillsatt av varje) verkade antioxidativt. Lysozym reducerade lipidoxidationen och sensoriska egenskaper bibehölls hos den slutliga produkten (Herath *et al.*, 2015). I tabellen nedan presenteras ett antal studier gjorda på charkuterivaror med animaliebaserade alternativ.

Tabell 2. Applicering av animaliebaserade alternativ istället för tillsatt nitrit i olika charkuterivaror

Tillsats	Testad produkt	Erhållna egenskaper	Källa
Kitosan, rosmarin och SO ₂	Boerewors (korv)	Hållbarhet ↑ Färg ↑	(Mathenjwa <i>et al.</i> , 2012)
Lysozym och nitrit (50/50)	Italiensk kokt kycklingkorv	Sensoriska egenskaper ↑ Färg↑ Antioxidativ verkan↑ Antimikrobiell verkan ↑	(Herath <i>et al.</i> , 2015) (Zarringhalami <i>et al.</i> , 2009)

4.3 Bakteriebaserade alternativ

Många mikroorganismer, särskilt mjölksyrebakterier (lactic acid bacteria (LAB)), har förmåga att tillverka antibakteriella substanser för att konkurrera ut andra bakterier. Dessa substanser är uppdelade i proteiner och icke-proteiner. Till icke-proteiner hör organiska syror, väteperoxid, diacetyl och andra föreningar (Sun *et al.*, 2011).

4.3.1 Bakteriociner

Bacteriociner är antibakteriella proteiner eller peptider producerade av bakterier. Dessa hämmar tillväxten av liknande eller närbesläktade bakteriestammar genom ett antal olika mekanismer. Bacteriociner anses vara säkra för human konsumtion (Alahakoon *et al.*, 2015). Bacteriociner tillsätts i form av bakteriekulturer till produkten och anses kunna minska tillsatser av kemiska konserveringsmedel och gör att en mildare värmebehandling kan utföras (Sun *et al.*, 2011). Många bacteriociner inhiberar endosporbildande bakterier och kan kombineras med andra konserveringsmetoder (Gálvez *et al.*, 2011). I allmänhet verkar bacteriociner effektivare mot gram-positiva bakterier än gram-negativa bakterier (Sun *et al.*, 2011).

Nisin är en känd bacteriocin som länge använts till konservering av livsmedel. Nisin är värmestabil och produceras av vissa stammar av *Lactococcus lactis* subspp. *lactis*. Den används därför vanligen i produkter som hettas upp. Den inhiberar gram-positiva bakterier som *C.botulinum*, *L.monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*

och stammar av *Bacillus*. Nisin verkar dock inte mot gram-negativa bakterier vilket är dess största nackdel som konserveringsmedel (Irkin & Esmer, 2015). I en översiktsstudie konstaterades det att nisin kan utgöra ett alternativ till nitrit helt eller i kombination med låga nivåer nitrit utan att äventyra livsmedelssäkerheten. Detta grundat på tidigare studiers resultat gjorda på nisins antimikrobiella egenskaper. Vidare studier rekommenderades innan applicering (Alahakoon *et al.*, 2015). Vilka antioxidativa egenskaper nisin har och hur den påverkar färg och sensoriska egenskaper framgår inte.

4.3.2 Organiska syror

Citronsyra, natriumlaktat och natriumacetat är några av de organiska syror som produceras av mikroorganismer och har visat antimikrobiell aktivitet har utvärderats mot både gram-positiva och gram-negativa bakterier (Hugo & Hugo, 2015). Vissa organiska syror kan även utvinnas ur växter (Tiwari, 2011).

Natriumlaktat (laktat) är en av de mest populära organiska syror som använts som antimikrobiell tillsats i charkuterivaror och är känd för dess egenskaper att förbättra smaken genom dess salta. Natriumlaktat har även visat sig förbättra färgstabiliteten hos rått kött och fungera som antioxidant (Alahakoon *et al.*, 2015). Tillagning av natriumlaktat förbättrar färgstabiliteten genom att både framställa och reducera deoxymyoglobin (Sedghi *et al.*, 2014).

Resultat av en studie med syfte på att utvärdera natriumlaktat som alternativ till nitrit, helt eller delvis, indikerade på att natriumlaktat tillsatt i korv förlängde hållbarheten och uppvisade en bättre antimikrobiell effekt än vid tillsatt natriumnitrit. Smaken blev delvis förbättrad med natriumlaktat. Samma röda färg som nitrit ger erhöles inte, men en naturlig köttfärg bevarades (Bingöl & Bostan, 2007). En annan studie gjort med natriumlaktat i kombination med natriumdiacetat kom fram till liknande resultat. Studien visade på att en halt av 3,0625 % natriumlaktat/natriumdiacetat i kombination med 30 ppm nitrit gav bäst resultat. Generellt visade resultaten i studien på en större antimikrobiell effekt än nitrit och en något förbättrad smak. Dock erhöles inte den färgstabilitet som nitrit annars bidrar med (Sedghi *et al.*, 2014).

Den organiska syran sorbinsyra är en känd inhibitor av mögel och den visar också en antibakteriell verkan vilket har lett till ett ökat intresse av den som ett potentiellt alternativ till nitrit i charkuterivaror (Coulte, 2016). I en studie gjord på Mortadella visade det sig att sorbinsyra ensam inte verkade antibakteriellt nog för att motverka bakteriell tillväxt och de sensoriska egenskaperna var inte acceptabla på grund av en sur smak. Däremot i kombination med 80 ppm nitrit erhöles acceptabla sensoriska egenskaper (Al-Shuibi & Al-Abdullah, 2002). I tabellen nedan presenteras ett antal studier gjorda på charkuterivaror med bakteriebaserade alternativ.

Tabell 3. Applicering av bakteriebaserade alternativ istället för tillsatt nitrit i olika charkuterivaror

Tillsats	Testad produkt	Erhållna egenskaper	Källa
Bakteriociner			
Nisin och nitrit (75 ppm)	Frankfurtkorv	Antimikrobiell verkan ↑	(Al-Shuibi & Al-Abdullah, 2002)
Organiska syror			
Natriumlaktat		Antimikrobiell verkan ↑ Hållbarhet ↑ Sensoriska egenskaper ↑ Färg ↓	(Bingöl & Bostan, 2007)
Natriumlaktat/natriumdiacetat och nitrit (30 ppm)	Korv av nöt	Antimikrobiell verkan ↑ Sensoriska egenskaper ↑ Färg ↓	(Sedghi <i>et al.</i> , 2014)
Sorbinsyra	Mortadella	Antibakteriell verkan ↓ Sensoriska egenskaper ↓	(Al-Shuibi & Al-Abdullah, 2002)

4.4 Beredningsmetoder

4.4.1 High Hydrostatic Pressure (HHP) behandling

HHP behandling har visat sig ha stor potential för att kunna producera säkra livsmedel samtidigt som livsmedlets naturliga egenskaper behålls i stor utsträckning. Under HHP behandling placeras en förpackad produkt i ett tryckkärl och utsätts för vattentryck från 100 till 800 MPa. Denna behandling påverkar mikroorganismers cellulära metabolism och membran (Rendueles *et al.*, 2011) och således inaktiverar potentiella patogener och andra mikroorganismer som kan förstöra produkten (Cheftel & Culioli, 1997).

Metoden har använts för köttprodukter utan allt för stora smakskillnader, den tydligaste skillnaden är förlust av den röda färgen av rått kött (Cheftel & Culioli, 1997). På grund av HHP behandlingens mikrobiologiska säkerhet kan metoden minska användningen av salt och nitrit i syfte att öka hållbarheten och bibehålla en säker produkt (Alahakoon *et al.*, 2015).

Det har visats på att en HHP behandling av 600 MPa i 3 min och en natriumnitritnivå på 50-100 ppm från förkonverterad selleri VJP har samma antimikrobiella verkan som en halt av 200 ppm tillsatt natriumnitrit av *L.monocytogenes* i kokt skivad skinka (Myers *et al.*, 2013). Andra studier har även visat på en förlängd hållbarhet vid HHP behandling av 600 MPa i 6 respektive 10min. Detta i köttprodukter och tillsammans med andra tillsatser som exempelvis bakteriociner

(Garriga *et al.*, 2004; Hugas *et al.*, 2002). I tabellen nedan presenteras ett antal studier gjorda på charkuterivaror med HHP behandling.

Tabell 4. Applicering av HHP behandling som alternativ till nitrit i olika charkuterivaror

HHP behandling*	Testad produkt	Erhållna egenskaper	Källa
600 MPa i 3 min + nitrit (50-100 ppm)	Kokt skivad skinka	Reduktion av <i>L.monocytogenes</i>	(Myers <i>et al.</i> , 2013)
600 MPa i 6 min	Kokt skivad skinka, lufttorkad skivad skinka, skivad marinerad fransyska av nötkött	Effektiv mot Enterobacteriaceae och mögel, i skivad marinerad fransyska även effektiv mot <i>Sallmonella</i> och <i>L.monocytogenes</i>	(Garriga <i>et al.</i> , 2004)
600 MPa i 10 min	Kokad skinka, lufttorkad skinka	Lika stabil som vid tillsatt nitrit	(Hugas <i>et al.</i> , 2002)

* High hydrostatic pressure

4.5 Övriga alternativ

Sebranek & Bacus (2007) undersökte problematiken kring nitritfria alternativ till charkuterivaror i en studie och fann att den allra vanligaste ingrediensen i innehållsförteckningen på charkuterivaror utan tillsatt nitrit var havssalt vid tillfället. Havssalt har föreslagits innehålla nitrat men i låga nivåer som är svåra att analysera (Sebranek & Bacus, 2007). Havssaltets ursprung har stor påverkan på mineralsammansättningen i saltet (SaltWorks, 2018). I vatten från Medelhavet har halter omkring 1,1 ppm nitrat och 1,2 ppm nitrit rapporterats (Herrador *et al.*, 2005). Dessa mängder tros inte ha tillräcklig antimikrobiell effekt (Sebranek & Bacus, 2007), utan en antimikrobiell verkan kan vara orsakat av den salta miljön i sig, vilket vissa bakteriestammar har svårt att överleva eller tillväxa i (Adams *et al.*, 2016). Således är havssalt inte bättre än vanligt salt. Salt är även vattenbindande vilket är positivt eftersom det bidrar med en bättre konsistens och en ökad vattenhållande förmåga, för mycket salt påverkar dock smaken negativt (Jafari & Emam-Djomeh, 2007). Konsumenterna föredrar produkter med lägre salthalter av hälsoskäl (Jayasena & Jo, 2013). Salt sänker även vattenaktivitet (aw) vilket är önskvärt för att hindra mikrobiologisk tillväxt (Adams *et al.*, 2016).

Att sänka pH har visat sig vara effektivt för inhibering av *C.botulinum* (Jafari & Emam-Djomeh, 2007; Dodds, 1989). I en studie sänktes pH från 5,8 till 5,4 med hjälp glocono-delta-lacton (GDL). GDL kan förutom sänka pH, bidra med färg och smakutveckling av produkten. Resultatet av denna studie visade på en god inhibering av *C.botulinum*, dock uppstod en märkbart surare smak (Jafari & Emam-Djomeh, 2007). I en annan studie där vattenaktivitet och pH i kombination studerades visade det sig förekomma toxinproduktion av *C.botulinum* vid pH lika med eller över 4,7 vid ett aw om 0,97, och ett pH lika med eller lägre än 5,25 vid ett aw på 0,965, eller pH lika med och ett pH över 5,75 med ett aw på 0,96. Ingen toxinproduktion av *C.botulinum* detekterades vid ett aw om 0,955 (Dodds, 1989).

Genom upphettning kan vegetativa celler av mikroorganismer avdödas. Dock kan endosporer överleva upphettning upp till 120 grader, vilket gör att de bör förhindras att utvecklas till vegetativa celler under lagringsperioden. Kylförvaring är ett bra sätt att fördröja mikrobiell tillväxt av vissa bakteriestammar (Adams *et al.*, 2016).

5 Diskussion och slutsatser

Växt-, animalie- och bakteriebaserade alternativ till nitrit tillsatser studerades i syfte att göra en sammanställning av den vetenskapliga informationen om potentiella alternativ till nitrit tillsatser. Även bearbetningsmetoden HHP behandlingens potentiella egenskaper för att kunna minska eller helt utesluta en nitrit tillsats inkluderades. Övriga metoder för att kontrollera mikrobiell tillväxt som aw, salt och pH togs också upp.

Mycket av den forskningen som sker i syfte att finna en alternativ nitrit tillsats studerar den antimikrobiella effekten. Dock för att erhålla en tilltalande produkt med lång hållbarhet krävs mer än en antimikrobiell verkan även om denna egenskap är den viktigaste för att inte äventyra livsmedelssäkerheten. De sensoriska, färggivande och antioxidativa effekterna av nitrit behöver också ingå i studier för att finna bra alternativ till nitrit tillsatser.

Av de alternativ som presenteras i denna studie visade alla, i kombination med låga nivåer nitrit eller ensam, på en antimikrobiell effekt. Kitosan, lysozym, nisin samt EOs och RE visade bättre effekt mot gram-positiva bakterier än gram-negativa bakterier (Doolaege *et al.*, 2007; Friedman & Juneja, 2011; Herath *et al.*, 2015; Irkin & Esmer, 2015; Tiwari *et al.*, 2011). Detta gör att de inte ensamma kan utgöra ett potentiellt alternativ för att helt utesluta en nitrit tillsats. Utan det krävs att en viss mängd nitrit tillsätts eller att de kombineras med andra alternativ som verkar antimikrobiellt mot gram-negativa bakterier. Detta för att inte äventyra livsmedelssäkerheten. Sämst antimikrobiell verkan visade sig sorbinsyra ha (Al-Shubi & Al-Abdullah, 2002). Natriumlaktat var det alternativet som visade sig ha bättre antimikrobiell verkan än tillsatt natriumnitrit, men till sin nackdel inverkade den negativt på färgstabiliteten (Bingöl & Bostan, 2007) vilket gör att natriumnitrit endast i kombination med exempelvis tomat eller ett annat färggivande ämne skulle kunna utgöra ett potentiellt alternativ.

De växtbaserade alternativen (VJP, EOs, RE och tomat) visade ha den på största antioxidativa verkan (Deda *et al.*, 2007; Doolaege *et al.*, 2012; Sebranek & Bacus, 2007; Tiwari *et al.*, 2011). Även natriumlaktat av de bakteriebaserade alternativen och lysosym av de animaliebaserade alternativen visade på en antioxidativ effekt (Bingöl & Bostan, 2007; Herath *et al.*, 2015).

Det som visat sig vara en begränsning i de flesta alternativen är de sensoriska egenskaperna och färgutveckling samt färgstabiliteten som annars erhålls av nitrit. Bismak av grönsak (VJP), sälta (natriumlaktat, för mycket tillsatt salt), surt (tomat, GLD, sorbinsyra) eller annan arom (EO) var vanligt förekommande oaccepterade smakförändringar (Jayasena & Jo, 2013; Deda *et al.*, 2007; Jafari & Emam-Djomeh, 2007; Sindelar *et al.*, 2007). Tomat, rödbets VJP och Annatto av de tillsatser som åstadkomma påminnande färegenskaper som vid en nitritillsats (Bingöl & Bostan, 2007; Deda *et al.*, 2007; Scotter *et al.*, 2001).

De växtbaserade alternativen visar således på störst potential för att kunna ersätta nitrit helt eller delvis. Av de växtbaserade alternativen visar de förkonverterade VJP stor potential att användas som alternativ till nitritillsats eftersom den innehåller en känd mängd nitrit och därmed ger samma egenskaper till produkten som vid en direkt nitritillsats. Nackdelen kan dock tyckas vara densamma som vid en tillsats av syntetiskt framtaget nitrit (bildandet av nitrosaminer), men VJP erbjuder konsumenten en renare innehållsförteckning med en mer naturligt källa till nitrit (icke syntetiserad nitrit). Halten VJP som kan tillsättas är dock begränsad på grund av bismak (Sindelar *et al.*, 2010).

För att göra en lägre tillsatt mängd VJP möjlig utan att äventyra livsmedelssäkerheten skulle VJP kunna användas i kombination med HHP eftersom denna metod även verkar antimikrobiellt (Rendueles *et al.*, 2011). Denna kombination kan således tyckas vara ett bra alternativ för att helt utesluta en syntetisk nitritillsats samtidigt som den säkerhetsställer livsmedelssäkerheten utan att inverka nämnvärt på de sensoriska egenskaperna.

Det är dock tydligt att inget enskilt alternativ kan ersätta nitrit helt. Kombinerade alternativ bör även testas och utvärderas i fler studier för att vara helt säkra på deras effekter gällande livsmedelssäkerhet och hållbarhet. Sensoriska och färggivande egenskaper bör även ingå i dessa utvärderingar för att fastställa konsumenters acceptans.

Referenslista

- Adams, M., R., Moss, O., M. & McClure, P. (2016). *Food Microbiology*. 4th. ed. Thomas Grahams House, Sience Park, Milton Road, Cambridge CB40WF, UK: The Royal Society of Chemistry.
- Al-Shuibi, A.M. & Al-Abdullah, B.M. (2002). Substitution of nitrite by sorbate and the effect on properties of mortadella. *Meat Science*, 62(4), pp. 473-478.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S. & Jo, C. (2015). Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), pp. 37-49.
- Archer, D.L. (2002). Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *Journal of Food Protection*, 65(5), pp. 872-875.
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Naes, 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*, 99, pp. 58-71.
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A. & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51, pp. 93-105.
- Balentine, C.W., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Duong, D.Q. & Pohlman, F.W. (2006). The pre- and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and color during storage of ground beef. *Meat Science*, 73(3), pp. 413-421.
- Bedale, W., Sindelar, J.J. & Milkowski, A.L. (2016). Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Science*, 120, pp. 85-92.
- Bingöl, E.B. & Bostan, K. (2007). Effect of sodium lactate on the microbiological quality and shelf life of sausages. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 31(5), pp. 333-339.
- Cheftel, J.C. & Culioli, J. (1997). Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Science*, 46(3), pp. 211-236.
- Coultate, T. (2016). *Food - The Chemistry of its Components*. Thomas Grahams House, Sience Park, Milton Road, Cambridge CB40WF, UK: The Royal Society of Chemistry
- Cross, A.J., Pollock, J.R. & Bingham, S.A. (2003). Haem, not protein or inorganic iron, is responsible for endogenous intestinal N-nitrosation arising from red meat. *Cancer Res*, 63(10), pp. 2358-60.
- Cui, H., Gabriel, A.A. & Nakano, H. (2010). Antimicrobial efficacies of plant extracts and sodium nitrite against *Clostridium botulinum*. *Food Control*, 21(7), pp. 1030-1036.
- Cui, X., Joannou, C.L., Hughes, M.N. & Cammack, R. (1992). The bacteriocidal effects of transition metal complexes containing the NO⁺ group on the food-spoilage bacterium *Clostridium sporogenes*. *FEMS Microbiology Letters*, 98(1), pp. 67-70.
- Deda, M.S., Bloukas, J.G. & Fista, G.A. (2007). Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76(3), pp. 501-508.
- Dodds, K.L. (1989). Combined effect of water activity and pH on inhibition of toxin production by *Clostridium botulinum* in cooked, vacuum-packed potatoes. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(3), pp. 656-660.

- Doolaage, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., De Meulenaer, B., Verhé, R., Paelinck, H. & De Smet, S. (2012). Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés. *Meat Science*, 90(4), pp. 925-931.
- Du, Y., Zhao, Y., Dai, S. & Yang, B. (2009). Preparation of water-soluble chitosan from shrimp shell and its antibacterial activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(1), pp. 103-107.
- Eyiler, E. & Oztan, A. (2011). Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1), pp. 307-311.
- Ferguson, L.R. (2010). Meat and cancer. *Meat Science*, 84(2), pp. 308-313.
- Friedman, M. & Juneja, V.K. (2011). Antimicrobial and other beneficial applications of chitosans. In: *Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality*, pp. 131-153. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890163035&partnerID=40&md5=3ddf129c8babf5f0615efb9962d8857d>.
- Gálvez, A., Abriouel, H., Lucas, R. & Grande Burgos, M.J. (2011). Bacteriocins for bioprotection of foods. In: *Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality*, pp. 39-61. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890184917&partnerID=40&md5=528f7d9ec1c2af13ee855e5ad220bf50>.
- Garriga, M., Grèbol, N., Aymerich, M.T., Monfort, J.M. & Hugas, M. (2004). Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(4), pp. 451-457.
- Grasso, S., Brunton, N.P., Lyng, J.G., Lalor, F. & Monahan, F.J. (2014). Healthy processed meat products – Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), pp. 4-17.
- Hakeem, K.R., Sabir, M., Ozturk, M., Akhtar, M.S. & Ibrahim, F.H. (2017). Nitrate and Nitrogen Oxides: Sources, Health Effects and Their Remediation. *Rev Environ Contam Toxicol*, 242, pp. 183-217.
- Herath, I., Priyanath, J.J.M., Ahn, D.U. & Abeyrathne, E. (2015). Use of lysozyme from chicken egg white as a nitrite replacer in an Italian-type chicken sausage. *Functional Foods in Health and Disease*, 5(9), pp. 320-330.
- Herrador, M.A., Sayago, A., Rosales, D. & Asuero, A.G. (2005). Analysis of a sea salt from the Mediterranean Sea. *Alimentaria*, 360, pp. 85-90.
- Honikel, K.-O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1), pp. 68-76.
- Honikel, K.O. (2004). Curing Agents. In: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Oxford: Elsevier, pp. 195-201. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012464970X000805>.
- Hord, N.G., Tang, Y. & Bryan, N.S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *Am J Clin Nutr*, 90(1), pp. 1-10.
- Hugas, M., Garriga, M. & Monfort, J.M. (2002). New mild technologies in meat processing: High pressure as a model technology. *Meat Science*, 62(3), pp. 359-371.
- Hugo, C.J. & Hugo, A. (2015). Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), pp. 12-23.
- International Agency for Research on Cancer (2018) *List of Classification, volume 1-121I*. Available at: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php [2018-05-02]
- Irkin, R. & Esmer, O.K. (2015). Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), pp. 6095-6111.
- Jackson, J., Patterson, A.J., MacDonald-Wicks, L. & McEvoy, M. (2017). The role of inorganic nitrate and nitrite in CVD. *Nutrition Research Reviews*, 30(2), pp. 247-264.
- Jafari, M. & Emam-Djomeh, Z. (2007). Reducing nitrite content in hot dogs by hurdle technology. *Food Control*, 18(12), pp. 1488-1493.
- Jayasena, D.D. & Jo, C. (2013). Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 34(2), pp. 96-108.
- Jordbruksverket (2016). *Jordbruket i siffror*. Available at: <https://jordbruketisiffror.wordpress.com/2016/02/28/totalkonsumtion-forbrukning-av-kottaren-1960-2015/> [2018-05-02]

- Krause, B.L., Sebranek, J.G., Rust, R.E. & Mendonca, A. (2011). Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham. *Meat Science*, 89(4), pp. 507-513.
- Livsmedelsverket *E1105 Lysozym*. Available at: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/tillsatser-e-nummer/sok-e-nummer/e-1105--lysozym> [2018-04-27].
- Livsmedelsverket (2017-09-15). *Allergenmärkning*. Available at: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/text-pa-forpackning-markning/allergimarkning1> [2018-04-24].
- Livsmedelsverket *Nitrat, Nitrit och Nitrosaminer*. Available at: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/nitrat-nitrit-och-nitrosaminer> [2018-05-25].
- Mathenjwa, S.A., Hugo, C.J., Bothma, C. & Hugo, A. (2012). Effect of alternative preservatives on the microbial quality, lipid stability and sensory evaluation of boerewors. *Meat Science*, 91(2), pp. 165-172.
- McDonagh, S.T.J., Wylie, L.J., Webster, J.M.A., Vanhatalo, A. & Jones, A.M. (2018). Influence of dietary nitrate food forms on nitrate metabolism and blood pressure in healthy normotensive adults. *Nitric Oxide-Biology and Chemistry*, 72, pp. 66-74.
- Myers, K., Cannon, J., Montoya, D., Dickson, J., Lonergan, S. & Sebranek, J. (2013). Effects of high hydrostatic pressure and varying concentrations of sodium nitrite from traditional and vegetable-based sources on the growth of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat (RTE) sliced ham. *Meat Science*, 94(1), pp. 69-76.
- Nationalencyklopedin *Charkuterivara*. Available at: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/charkuterivara> [2018-04-26].
- Nevas, M., Korhonen, A.-R., Lindström, M., Turkki, P. & Korkeala, H. (2004). Antibacterial Efficiency of Finnish Spice Essential Oils against Pathogenic and Spoilage Bacteria. *Journal of Food Protection*, 67(1), pp. 199-202.
- Nilson, P. (2017) *Branschriktlinjer Hantverksmässig charktillverkning*. Available at: https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/produktion-handel-kontroll/branschriktlinjer/eldrimmer-branschriktlinjer_chark_del1_web.pdf [2018-05-02]
- Oostindjer, M., Alexander, J., Amdam, G.V., Andersen, G., Bryan, N.S., Chen, D., Corpet, D.E., De Smet, S., Dragsted, L.O., Haug, A., Karlsson, A.H., Kleter, G., de Kok, T.M., Kulseng, B., Milkowski, A.L., Martin, R.J., Pajari, A.-M., Paulsen, J.E., Pickova, J., Rudi, K., Sødning, M., Weed, D.L. & Egeland, B. (2014). The role of red and processed meat in colorectal cancer development: a perspective. *Meat Science*, 97(4), pp. 583-596.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L. & Lacroix, M. (2006). Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. *Meat Science*, 73(2), pp. 236-244.
- Parthasarathy, D.K. & Bryan, N.S. (2012). Sodium nitrite: The "cure" for nitric oxide insufficiency. *Meat Science*, 92(3), pp. 274-279.
- Rendueles, E., Omer, M.K., Alvseike, O., Alonso-Calleja, C., Capita, R. & Prieto, M. (2011). Microbiological food safety assessment of high hydrostatic pressure processing: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 44(5), pp. 1251-1260.
- Riel, G., Boulaaba, A., Popp, J. & Klein, G. (2017). Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages – Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*, 131, pp. 166-175.
- SaltWorks *About salt*. Available at: <https://www.seasalt.com/about-salt/what-is-salt>.
- Sánchez-Escalante, A., Torrecano, G., Djenane, D., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). Stabilisation of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(3), pp. 187-194.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), pp. 10-17.
- Scotter, M.J., Castle, L. & Appleton, G.P. (2001). Kinetics and yields for the formation of coloured and aromatic thermal degradation products of annatto in foods. *Food Chemistry*, 74(3), pp. 365-375.

- Sebranek, J.G. & Bacus, J.N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77(1), pp. 136-147.
- Sedghi, H., Sani, A.M., Najafi, M.N. & Shariati, M.A. (2014). Effect of sodium lactate/sodium diacetate in combination with sodium nitrite on physicochemical, microbial properties and sensory evaluation of cow sausage. *Potravinarstvo*, 8(1), pp. 239-246.
- Shah, M.A., Bosco, S.J.D. & Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), pp. 21-33.
- Sindelar, J.J., Cordray, J.C., Sebranek, J.G., Love, J.A. & Ahn, D.U. (2007). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *J Food Sci*, 72(6), pp. S388-95.
- Sindelar, J.J. & Milkowski, A.L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26(4), pp. 259-266.
- Sindelar, J. J. & Milkowski, A. L. (2011). *Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: A review of curing and examining the risk/benefit of its use*. AMSA white paper series. Illinois, USA: American Meat Science Association
- Sindelar, J.J., Terns, M.J., Meyn, E. & Boles, J.A. (2010). Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Science*, 86(2), pp. 298-303.
- Sun, Y., Li, Y., Song, H. & Zhu, Y. (2011). Microbial fermentation for food preservation. In: *Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality*, pp. 77-94. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890162784&partnerID=40&md5=f475d7ad89d1bc5bd074d339ad071f4d>.
- Tiwari, B.K., Valdramidis, V.P., Bourke, P. & Cullen, P. (2011). Application of plant-based antimicrobials in food preservation. In: *Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality*, pp. 204-223. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890218640&partnerID=40&md5=3663888f97452a3469793032e6a6434e>.
- Weiss, J., Gibis, M., Schuh, V. & Salminen, H. (2010). Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. *Meat Science*, 86(1), pp. 196-213.
- Zarringhalami, S., Sahari, M.A. & Hamidi-Esfehani, Z. (2009). Partial replacement of nitrite by annatto as a colour additive in sausage. *Meat Science*, 81(1), pp. 281-284.