

フードロス再配分の重要性：朝食と学力・集中力の関連性に注目して

湯田 恵美[†] 金子 格[†] 岡田 仁志^{††}

Importance of Food Loss Redistribution: Relationship between Breakfast and Academic Performance and Concentration

Emi Yuda[†] Itaru Kaneko[†] and Hitoshi Okada^{††}

1. はじめに

地球上のあらゆる形の貧困をなくすことは、持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) の目標の1つとして各国が取り組むべき課題である。具体的には2030年までに世界中で極度の貧困にある人をなくし、様々な次元で貧困ラインを下回っている人の割合を半減させることを目指している。また、貧困とは単に収入や資産がないことだけではなく、飢餓、栄養不良、教育や基本的サービスへのアクセス不足や社会的な差別などを含んでいる。社会的弱者は気象変動や災害などの影響をより強く受けることから、これらを防いでいくことが望まれている。

厚生労働省・国民生活基礎調査 (2015) によると、全世帯員の相対的貧困率は15.7%となっており、厚生労働白書 (2017) による年齢別の相対的貧困率を見ると、17歳以下の貧困率、および65歳以上 (高齢者) の貧困率が高い数値となっており、食の格差が指摘されている[1]。

近年、多くの研究によって食との格差が教育への機会格差を生むことが明らかになっており[2]、教育格差は持続的な発展に必要な人材の確保という点で問題となりうる。そこで、社会保障制度を受ける子供たちの食生活を安定させていく必要がある。他方で、経済の発展とともに食品廃棄物は増加しており、農林水産省資料によると、廃棄物処理法における食品廃棄物は食品関連事業者752万トン (内可食部分量328万トン)、一般家庭783万トン (内可食部分量284万トン) となっており、食品廃棄物は合計で1,535万トン、食品ロスは612万トンとなっている (2020) [3]。これらの数値は流通において生じる廃棄や、工場生産時のロスも含まれるため、組織単位で削減に取り組むことが望ましく、福祉施設や生活困窮者に直接支援する形の再配分による食品ロス低減が望ましい。

循環社会形成を促進するためには、食品資源の有効活用に向けた技術を活用していく必要がある。筆者らは、再配分を行う際の一手法として巡回セールスマン問題 (traveling salesman problem, TSP) の応用に注目している。

TSPは、組合せ最適化問題であり、配送計画問題といった最適化問題に属する社会課題の部分問題に含まれることが少なくない。

近年、多くの変数の組み合わせから最適解を選ぶ、組み合わせ最適化問題を高速に解くための大規模集積回路 (Large Scale Integration, LSI) が開発され、近似的計算技法であるアニーリング処理により、応用範囲が広い全結合型の手法を高速化する手法によって処理性能とエネルギー効率が向上している。これによって、変数の数が増えるにつれて組み合わせが爆発的に増えることで従来のコンピュータでは効率的に解けなかった問題が計算可能となりつつある。そこで筆者らは、TSPを用いたフードロス再配分に取り組んでいる。実際には、宅配便の配達ルート設計などに使われているものの、計算ルートの理論と現実にはギャップがあることが懸念される。既存の多くのTSP問題の社会実装では、主に時間や距離、配達員賃金などを最適化するように設計されており、運用者の利益を最大化する手法が選択される。そのため、コンピュータが算出した最適化ルートを実際に運用した場合、宅配便配達員の疲労や運動強度 (METs) などは勘案されていない課題が残る。再配分をボランティアなどが担うサステイナブルな実装では、これらのパラメータを組み入れていく必要がある。また、社会実装を視野に入れた本研究の目指すところは、主に子供に朝食を配分することによる学力と集中力の向上である。そこで本稿では、朝食と学力の関係を中心として、TSPを活用した近年のフードロス削減研究および再配分研究に関する調査を行った。

2. フードロス削減に関する研究

フードロス削減に関しては、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) の設定以降、数理技術やITを活用した食品ロス削減に関する研究が進んでいる。Fauzaら (2015) は、在庫政策の在庫モデルに着目して食品生産モデルを提案して生産余剰を削減するモデルの提案を行っており[4]、Berjan

[†] 東北大学 データ駆動科学・AI教育研究センター
Center for Data-driven Science and Artificial Intelligence, Tohoku University
^{††} 国立情報学研究所 情報社会相関研究系

Information and Society Research Division, National Institute of Informatics

ら(2018)は食料廃棄と損失について近東・北アフリカ (NENA) 地域の食品廃棄データをまとめている[5]. Mogale ら(2020)は、ハーベスト・ロスを考慮したサプライチェーンの設計に関する研究を発表するなど、IT 技術の活用による生産・流通・販売の効率化に関する研究が進展している[6].

これらの研究手法には、主に最適化問題 (Optimization Problem) が用いられている。最適化問題は、与えられた制約条件の下である目的関数を大または最小にする解を求める手法であり、制約条件や目的関数など数理モデルを定式化して解を求める。関数を最小化または最大化する問題であり、変数の選択範囲に制約がある制約付きと制約なしに二分される。最小化問題の場合、

$$f : A \rightarrow \mathbb{R}$$

について、下式を満たす x_0 を探す。

$$x_0 \in A : \forall x \in A, f(x_0) \leq f(x)$$

目的関数の符号を反転させることにより等価な最小化問題として考えることができるため、最大化問題は下式を満たす x_0 を求める。

$$\forall x \in A, f(x_0) \geq f(x)$$

フードロス削減における取り組みで用いる最適化問題は、条件付き最適化問題と考えることができ、予算制約のもとでの効用最大化問題、資源制約のもとでの利潤最大化問題、生産量を所与としたときの費用最小化問題と類似する。条件付き最適化問題には、限られたリソースの割り当てやスケジューリングに関する意思決定を改善する目的で最適化ソルバーを用いることができ、数理計画法モデル、制約プログラミングモデル、制約ベーススケジューリングモデルなどを解決できるアルゴリズムが開発されている。

定式化は、変数、目的関数、制約条件の3つの要素を定める必要があり、社会実装では生産、製造、販売など主に企業側が利益最大化を図る目的で用いられてきたが、現在は最適化ソルバーを用いることで簡便に最適解を試算することが可能となっている。

日本においては、生産、製造、販売、消費等の各段階において日常的に食品が廃棄されている[7]。食料の多くを輸入に依存している国として、余剰の削減は真摯に取り組むべき課題である。食品ロス削減のための具体策としては、国民各層がそれぞれの立場において主体的にこの課題に取り組むことが推奨され、意識の醸成とその定着が目指されている。しかし、先行研究が提案するような最適化を用いた具体的な削減方法は明示されていない。例えば生産余剰を削減するためには、生産者が Fauza ら (2015) らの手法を取り入れていくなど、応用と社会実装のための工夫が必

要である。

3. 再配分に関する研究

国連の持続可能な開発目標 (SDGs) では、2030年までに小売りと消費レベルでの1人当たり食品廃棄物を半減させ、食品の製造と供給における食品ロスを削減するという目標を掲げているが、食品企業の規格外品などを引き取り福祉施設等へ提供する機関 (フードバンク) による再配分の活動は、主にボランティアに委ねられているのが現状である。

Phillips ら (2011) は、最適化としての食糧再分配を提案し [8], Mutiibwa ら (2018) は気候変動への適応として再配分に関する提案を行っている [9]. また, Estrada-Moreno ら (2019) は、スーパーマーケットチェーンにおける再配分ランダム化アルゴリズムを提案するなど [10], 余剰の再配分を視野にいれた研究が進みつつある。しかし、フードロス削減に関する研究の論文数と比較すると、研究が盛んに行われているとは言い難い状況にある。

再配分システムの社会実装において、日本では消費期限や衛生面の問題で実現が困難であることも考えられる。再配分は人への安全配慮が必要であり、回収から再配分にかかる時間を短くしてシームレスに行えることが望ましい。このような問題解決手法には巡回セールスマン問題 (TSP) が適している。TSP は、セールスマンがある都市から出発し、複数都市を訪問して出発地点に帰還する場合にどのような順番で都市を回る場合、複数都市を通る総移動距離 (またはコスト) が最小の巡回ルートを求める手法である。TSP は DNA の塩基配列を読み取る作業からライドシェアリングの経路算出まで、多方面に応用が進んでいる。TSP はコンピューターサイエンスの進歩に影響を与え、線形計画法など計算技法の有用性を明らかにすることに貢献してきた。近年, Karlin ら (2020) が TSP の近似解を見つけるためのアルゴリズムを考案するなど[11], この問題がもつ可能性が明らかにされつつある。

再配分を考えた場合、フードロスの回収場所を頂点、矢印を巡回路と示すことができる。スタートの頂点に戻らないバリエーションも存在するが、自動車や自転車を用いたフードロス再配分では車体の車庫をスタートとして、回収・配分することが考えられる。最も距離の短い解 (巡回路) を求めると組合せ爆発が起こり、頂点数が多くなると現実的な時間内で解を見つけることができない。そこで、総距離の短い近似解を一定時間内に見つけることが現実的であり (ヒューリスティックアルゴリズム), TSP のヒューリスティックアルゴリズムは複数存在する。TSP は距離の制約によりいくつかの種類があるものの、基本的な制約は三角不等式が成り立つ (Metric), 頂点 i から頂点 j への距離と、頂点 j から頂点 i への距離が等しいもの (Symmetric), 頂点間の距離が2次元ユークリッド空間上の距離になっている

もの (Euclidean) がある. Euclidean は Metric かつ Symmetric であり, Symmetric でない場合は Asymmetric であるが, Asymmetric TSP は適切な変形によって Symmetric TSP に帰着できる[12].

Metric TSP, Symmetric TSP, Euclidean TSP はそれぞれ下式のように示すことができる.

$$D_{i,j} \leq D_{i,k} + D_{k,j} (1 \leq i, j, k \leq N)$$

$$D_{i,j} = D_{i,j} (1 \leq i, j \leq N)$$

$$D_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1 \leq i, j \leq N)$$

フードロス再配分問題は Symmetric が成り立つ TSP 問題として考えることができる.

4. 朝食欠食と学力に関する研究

フードロス再配分は, 子供の学力や集中力を高める可能性がある.

朝食の摂取が学力に影響するかについては, これまで多くの研究が行われてきた. Adolphus ら(2016)の研究レビューでは, 朝食と朝食構成が子供と青少年の認知に及ぼす影響について調査が行われ, 朝食は学童の認知能力や学業成績に有益であるとしたうえで, 学校朝食プログラム介入効果に成果があることを示唆している[2]. その他, 数多くの横断研究, 縦断研究によっても同結果が導かれている.

しかし, 全ての研究が朝食欠食に否定的なわけではない. 朝食欠食は習慣的に, また実験的に操作した場合において短期的には子どもの学力低下と関連があるとされているものの, Smith ら (2017) は, 8-9 歳児の朝食抜きは, 教師が学業成績を相対的に評価した場合の教師が報告する学力と関連するが, 2 年後の客観的な学力測定とは関連しないことを結論付けている[13]. また, Littlecott ら (2016) は, 9-11 歳児における朝食摂取と教育的成果の関連性について報告しており, 朝食摂取とその 6-18 か月後に得られる教育的アウトカムとの関連性について調査したところ, 教育成果との直接的な関連性を示すエビデンスは依然として曖昧であること示唆している[14].

他方で, Berkey ら (2003) の研究では, 青少年の朝食欠食と体重変化に関する縦断的に調査したところ, 朝食を全く食べない標準体重の子どもは, ほぼ毎日朝食を食べる同級生に比べて男児/女児ともに体重が増加しやすい肥満傾向を示すとしており, 朝食の重要性を示唆している[15]. Cohen ら (2021) らの研究においても, 子どもの食生活や健康全般において学校教育が重要な役割を担っており, 無料給食の普及は子どもの健康上の好ましい結果に貢献し,

生徒の出席, 学業成績, 肥満度との関連性などに影響を及ぼすことを示唆している[16]. これらの結果は, 朝食を欠食することで栄養バランスが偏りやすくなり, 肥満や脳出血などの生活習慣病のリスクを高める要因として健康上のリスクとなることを示している. 朝食欠食が肥満や生活習慣病につながることは, 食事回数が減ることで 1 回の食事が増えてしまうことや, 早食い, 過食に繋がる要因として考えられる. また, 朝食欠食の空腹状態で昼食を摂取した場合には血糖値が急上昇し, 生体は血糖値を下げるためにインスリンを過剰に分泌して糖を脂肪に変換するメカニズムが働くことが知られている. このように体脂肪が増加し肥満になる可能性が示唆されており, 肥満は高血圧や糖尿病などの生活習慣病に繋がる恐れもある[17-20]. 以上から, 健康維持のためにも朝食が重要であり, 朝食はエネルギー不足を補い, 脳を活性化や体温の上昇, 生活リズムや集中力・記憶力の向上をもたらすと考えられる



図1. 朝食欠食と学力に関する関連研究の論文数推移
持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) が 2015 年に設定されて以降, 増加傾向にある.

5. おわりに

本稿では, SDGs から注目されつつあるフードロス問題について, その再配分の有用性を検証する目的で 100 以上に及ぶ研究文献の調査を行った. 結果, 2007 年頃から朝食と学力に関する研究が行われるようになり, 研究数は緩やかに増加し, SDGs が採択された 2015 年より研究数・用数は増加傾向にある. 疫学研究として, 縦断的研究, コーホート研究などを通じて, 朝食の摂取と学力の相関関係が示されつつある. また, 最適化問題 (optimization problem) を応用したフードロスの削減についての研究も増加傾向にあり, 数理計画問題 (mathematical programming problem) の一端としてサプライチェーン設計に応用されつつある. 他方で再配分に関しては Caleb らの論文 (2011) 以降成果が少ない. これは, ボランティアの自治体としての受け入れ能力や環境整備の必要性, 自治体間での支援など行政のみでは対応が難しいといった協働連携の多面性の障壁も考えられる. フードロス再配分に取り組む企業を増やし, 積極的に取り組む法人が社会的に評価されるといった社会におけるしくみ作りが重要であり, 今後, 社会科学的に解決すべき課題は多く存在する. 効率的な再配分手法については, オープンデータの取り込みやコンピュータシミュレーションによって進展する可能性もあり, 引き続き社会実装に向

けたフードロス再配分の TSP 応用について取り組んでいく。

謝辞 本研究は 2022 年度 国立情報学研究所 公募型共同研究（戦略研究公募型研究）の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 厚生労働省 白書・年次報告書
https://www.mhlw.go.jp/toukei_hakusho/hakusho/index.html
- 2) Adolphus K, Lawton CL, Champ CL, Dye L. The Effects of Breakfast and Breakfast Composition on Cognition in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Adv Nutr.* 2016 May 16;7(3):590S-612S. doi: 10.3945/an.115.010256. (2016)
- 3) 農林水産省 食品リサイクル・食品ロス
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html
- 4) Gusti Fauza, Yousef Amer, Sang-Heon Lee, Hari Prasetyo: An inventory model of production-inventory policy for food products considering quality loss in raw materials. *IEEM* 910-914 (2015)
- 5) Sinisa Berjan1, Roberto Capone, Philipp Debs and Hamid El Bilali. Food Losses and Waste: A Global Overview with a Focus on Near East and North Africa Region. *Food Losses and Waste: A Global Overview with a Focus on Near East and North Africa Region* Food Losses and Waste: A Global Overview with a Focus on Near East and North Africa Region. 8:1, 1-16 (2018)
- 6) D. G. Mogale, Sri Krishna Kumar, Manoj Kumar Tiwari: Green food supply chain design considering risk and post-harvest losses: a case study. *Ann. Oper. Res.* 295(1): 257-284 (2020)
- 7) 内閣府「食品ロスの削減の推進に関する基本的な方針」令和 2 年 3 月 31 日 閣議決定
https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/promote/pdf/promote_200331_0001.pdf
- 8) Caleb T. Phillips, Rhonda Hoenigman, Becky Higbee: Food Redistribution as Optimization. *CoRR abs/1108.5768* (2011)
- 9) Denis Mutiibwa, David H. Fleisher, Jonathan P. Resop, Dennis Timlin, Vangimalla R. Reddy: Regional food production and land redistribution as adaptation to climate change in the U.S. Northeast Seaboard. *Comput. Electron. Agric.* 154: 54-70 (2018)
- 10) Alejandro Estrada-Moreno, Christian Fikar, Angel A. Juan, Patrick Hirsch: A biased-randomized algorithm for redistribution of perishable food inventories in supermarket chains. *Int. Trans. Oper. Res.* 26(6): 2077-2095 (2019)
- 11) Anna R. Karlin, Nathan Klein, Shayan Oveis Gharan. A (Slightly) Improved Approximation Algorithm for Metric TSP. *arXiv.* (2020) <https://arxiv.org/abs/2007.01409>
- 12) Johnson, David S., Gregory Gutin, Lyle A. McGeoch, Anders Yeo, Weixiong Zhang, and Alexei Zverovitch. 2007. "Experimental Analysis of Heuristics for the ATSP." In *The Traveling Salesman Problem and Its Variations*, edited by Gregory Gutin and Abraham P. Punnen, 445-87. Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/0-306-48213-4_10.
- 13) Smith KJ, Blizzard L, McNaughton SA, Gall SL, Breslin MC, Wake M, Venn AJ. Skipping breakfast among 8-9 year old children is associated with teacher-reported but not objectively measured academic performance two years later. *BMC Nutr.* 2017 Dec 6; 3:86. doi: 10.1186/s40795-017-0205-8. eCollection 2017. PMID: 32153862
- 14) Littlecott HJ, Moore GF, Moore L, Lyons RA, Murphy S. Association between breakfast consumption and educational outcomes in 9-11-year-old children. *Public Health Nutr.* 2016 Jun;19(9):1575-82. doi: 10.1017/S1368980015002669. Epub 2015 Sep 28. PMID: 26411331
- 15) Berkey CS, Rockett HR, Gillman MW, Field AE, Colditz GA. Longitudinal study of skipping breakfast and weight change in adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2003 Oct;27(10):1258-66. doi: 10.1038/sj.ijo.0802402. PMID: 14513075
- 16) Cohen JFW, Hecht AA, McLoughlin GM, Turner L, Schwartz MB. Universal School Meals and Associations with Student Participation, Attendance, Academic Performance, Diet Quality, Food Security, and Body Mass Index. *Nutrients.* 2021 Mar 11;13(3):911. doi: 10.3390/nu13030911. PMID: 33799780
- 17) Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged exercise. Suh SH, Paik IY, Jacobs K. *Mol Cells.* 2007 Jun 30;23(3):272-9. PMID: 17646701
- 18) Franz MJ. Protein: metabolism and effect on blood glucose levels. *Diabetes Educ.* 1997 Nov-Dec;23(6):643-6, 648, 650-1. doi: 10.1177/014572179702300603. PMID: 9416027
- 19) Koutny T. Blood glucose level reconstruction as a function of transcapillary glucose transport. *Comput Biol Med.* 2014 Oct; 53:171-8. doi: 10.1016/j.compbiomed.2014.07.017. Epub 2014 Aug 8. PMID: 25150823
- 20) Sawicki P, Muda R, Goral K, Skrzypek M, Wiśniewska K, Bieniak M, Ginszt M. Increasing blood glucose level via breakfast meals is not connected with changes in delay discounting. *Physiol Behav.* 2019 Oct 15;210:112619. doi: 10.1016/j.physbeh.2019.112619. Epub 2019 Jul 16. PMID: 31323294
- 21) Christian Fikar, Kris Braekers. Bi-objective optimization of e-grocery deliveries considering food quality losses. *Comput. Ind. Eng.* 163: 107848 (2022)
- 22) Qais Raja AL-Dalaeen, Uthayasankar Sivarajah, Zahir Iran. Determining sustainability key performance indicators for food loss reduction. *J. Enterp. Inf. Manag.* 34(3): 733-745 (2021)
- 23) Manoj Dora, Joshua Wesana, Xavier Gellynck, Nitin Seth, Bidit Lal Dey, Hans De Steur: Importance of sustainable operations in food loss: evidence from the Belgian food processing industry. *Ann. Oper. Res.* 290(1): 47-72 (2020)
- 24) Mohd Abualtaher, Eirin Marie Skjondal Bar: Systems Engineering Approach to Food Loss Reduction in Norwegian Farmed Salmon Post-Harvest Processing. *Syst.* 8(1): 4 (2020)
- 25) Taher M. Radwan, George Alan Blackburn, J. Duncan Whyatt, Peter M. Atkinson:
- 26) Dramatic Loss of Agricultural Land Due to Urban Expansion Threatens Food Security in the Nile Delta, Egypt. *Remote. Sens.* 11(3): 332 (2019)
- 27) Christian Fikar: A decision support system to investigate food losses in e-grocery deliveries. *Comput. Ind. Eng.* 117: 282-290 (2018)
- 28) J. Cai, Jørgen Bauck Jensen, Sigurd Skogestad, Jakob Stoustrup: On the trade-off between energy consumption and food quality loss in supermarket refrigeration systems. *ACC* 2008: 2880-2885 (2008)
- 29) Rampersaud GC, Pereira MA, Girard BL, Adams J, Metz J. Breakfast habits, nutritional status, body weight, and academic performance in children and adolescents. *J Am Diet Assoc.* 2005 May;105(5):743-60; quiz 761-2. doi: 10.1016/j.jada.2005.02.007. PMID: 15883552 .
- 31) Moller H, Sincovich A, Gregory T, Smithers L. Breakfast skipping and cognitive and emotional engagement at school: a cross-sectional population-level study. *Public Health Nutr.* 2021 Dec 16:1-10. doi: 10.1017/S1368980021004870. PMID: 34911597
- 32) Spruance LA, Harrison C, Brady P, Woolford M, LeBlanc H. Who Eats School Breakfast? Parent Perceptions of School

- Breakfast in a State With Very Low Participation. *J Sch Health*. 2018 Feb;88(2):139-149. doi: 10.1111/josh.12597. PMID: 29333641
- 33) Sünram-Lea SI. Breakfast, Glycemic Index, and Cognitive Function in School Children: Evidence, Methods, and Mechanisms. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2019; 91:169-178. doi: 10.1159/000493708. Epub 2019 Mar 13.
- 34) Adolphus K, Lawton CL, Dye L. Associations Between Habitual School-Day Breakfast Consumption Frequency and Academic Performance in British Adolescents. *Front Public Health*. 2019 Nov 20; 7:283. doi: 10.3389/fpubh.2019.00283. PMID: 31824903
- 35) Lundqvist M, Vogel NE, Levin LA. Effects of eating breakfast on children and adolescents: A systematic review of potentially relevant outcomes in economic evaluations. *Food Nutr Res*. 2019 Sep 12;63. doi: 10.29219/fnr.v63.1618. eCollection 2019.
- 36) Pollitt E. Does breakfast make a difference in school? *J Am Diet Assoc*. 1995 Oct;95(10):1134-9. doi: 10.1016/S0002-8223(95)00306-1. PMID: 7560685
- 37) Bartfeld JS, Berger L, Men F, Chen Y. Access to the School Breakfast Program Is Associated with Higher Attendance and Test Scores among Elementary School Students. *J Nutr*. 2019 Feb 1;149(2):336-343. doi: 10.1093/jn/nxy267. PMID: 30715390
- 38) Hoyland A, Dye L, Lawton CL. A systematic review of the effect of breakfast on the cognitive performance of children and adolescents. *Nutr Res Rev*. 2009 Dec;22(2):220-43. doi: 10.1017/S0954422409990175. PMID: 19930787
- 39) Mhurchu CN, Gorton D, Turley M, Jiang Y, Michie J, Maddison R, Hattie J. Effects of a free school breakfast programme on children's attendance, academic achievement and short-term hunger: results from a stepped-wedge, cluster randomised controlled trial. *J Epidemiol Community Health*. 2013 Mar;67(3):257-64. doi: 10.1136/jech-2012-201540. Epub 2012 Oct 6. PMID: 23043203
- 40) Adolphus K, Lawton CL, Dye L. The effects of breakfast on behavior and academic performance in children and adolescents. *Front Hum Neurosci*. 2013 Aug 8; 7:425. doi: 10.3389/fnhum.2013.00425. eCollection 2013. PMID: 23964220
- 41) Ni Mhurchu C, Turley M, Gorton D, Jiang Y, Michie J, Maddison R, Hattie J. Effects of a free school breakfast programme on school attendance, achievement, psychosocial function, and nutrition: a stepped wedge cluster randomised trial. *BMC Public Health*. 2010 Nov 29; 10:738. doi: 10.1186/1471-2458-10-738. PMID: 21114862
- 42) Meyers AF, Sampson AE, Weitzman M, Rogers BL, Kayne H. School Breakfast Program and school performance. *Am J Dis Child*. 1989 Oct;143(10):1234-9. doi: 10.1001/archpedi.1989.02150220142035. PMID: 2801668
- 43) Yao J, Liu Y, Zhou S. Effect of Eating Breakfast on Cognitive Development of Elementary and Middle School Students: An Empirical Study Using Large-Scale Provincial Survey Data. *Med Sci Monit*. 2019 Nov 22; 25:8843-8853. doi: 10.12659/MSM.920459. PMID: 31755480
- 44) Edefonti V, Bravi F, Ferraroni M. Breakfast and behavior in morning tasks: Facts or fads? *J Affect Disord*. 2017 Dec 15; 224:16-26. doi: 10.1016/j.jad.2016.12.028. Epub 2016 Dec 24. PMID: 28062077
- 45) Taras H. Nutrition and student performance at school. *J Sch Health*. 2005 Aug;75(6):199-213. doi: 10.1111/j.1746-1561.2005.00025.x. PMID: 16014126 Review.
- 46) Gajre NS, Fernandez S, Balakrishna N, Vazir S. Breakfast eating habit and its influence on attention-concentration, immediate memory and school achievement. *Indian Pediatr*. 2008 Oct;45(10):824-8. PMID: 18948652
- 47) Murphy JM, Pagano ME, Nachmani J, Sperling P, Kane S, Kleinman RE. The relationship of school breakfast to psychosocial and academic functioning: cross-sectional and longitudinal observations in an inner-city school sample. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 1998 Sep;152(9):899-907. doi: 10.1001/archpedi.152.9.899. PMID: 9743037
- 48) Kleinman RE, Hall S, Green H, Korzec-Ramirez D, Patton K, Pagano ME, Murphy JM. Diet, breakfast, and academic performance in children. *Ann Nutr Metab*. 2002;46 Suppl 1(0 1):24-30. doi: 10.1159/000066399. PMID: 12428078
- 49) Burrows T, Goldman S, Pursey K, Lim R. Is there an association between dietary intake and academic achievement: a systematic review. *J Hum Nutr Diet*. 2017 Apr;30(2):117-140. doi: 10.1111/jhn.12407. Epub 2016 Sep 7. PMID: 27599886
- 50) Liu J, Wu L, Um P, Wang J, Kral TVE, Hanlon A, Shi Z. Breakfast Consumption Habits at Age 6 and Cognitive Ability at Age 12: A Longitudinal Cohort Study. *Nutrients*. 2021 Jun 17;13(6):2080. doi: 10.3390/nu13062080.
- 51) Burrows T, Goldman S, Olson RK, Byrne B, Coventry WL. Associations between selected dietary behaviours and academic achievement: A study of Australian school aged children. *Appetite*. 2017 Sep 1;116:372-380. doi: 10.1016/j.appet.2017.05.008. Epub 2017 May 6. PMID: 28487248
- 52) Edefonti V, Rosato V, Parpinel M, Nebbia G, Fiorica L, Fossali E, Ferraroni M, Decarli A, Agostoni C. The effect of breakfast composition and energy contribution on cognitive and academic performance: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. 2014 Aug;100(2):626-56. doi: 10.3945/ajcn.114.083683. Epub 2014 May 7. PMID: 24808492
- 53) Alqahtani Y, Assiri OAA, Al-Shahrani NSS, Alyazidi NSS, Alshahrani MSH. Relationship between nutritional habits and school performance among primary school students in Asser Region. *J Family Med Prim Care*. 2020 Apr 30;9(4):1986-1990. doi: 10.4103/jfmpe.jfmpe_885_19. eCollection 2020 Apr. PMID: 32670952
- 54) Berkey CS, Rockett HR, Gillman MW, Field AE, Colditz GA. Longitudinal study of skipping breakfast and weight change in adolescents. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2003 Oct;27(10):1258-66. doi: 10.1038/sj.ijo.0802402. PMID: 14513075
- 55) Kim SY, Sim S, Park B, Kong IG, Kim JH, Choi HG. Dietary Habits Are Associated With School Performance in Adolescents. *Medicine (Baltimore)*. 2016 Mar;95(12):e3096. doi: 10.1097/MD.0000000000003096. PMID: 27015180 .
- 56) O'Dea JA, Muirhead AC. Nutritional quality of breakfast and physical activity independently predict the literacy and numeracy scores of children after adjusting for socioeconomic status. *Health Educ Res*. 2012 Dec;27(6):975-85. doi: 10.1093/her/cys069. Epub 2012 Jul 13. PMID: 22798563
- 57) Adolphus K, Lawton CL, Dye L. The Relationship between Habitual Breakfast Consumption Frequency and Academic Performance in British Adolescents. *Front Public Health*. 2015 May 6;3:68. doi: 10.3389/fpubh.2015.00068. eCollection 2015. PMID: 26000270
- 58) Ptomey LT, Steger FL, Schubert MM, Lee J, Willis EA, Sullivan DK, Szabo-Reed AN, Washburn RA, Donnelly JE. Breakfast Intake and Composition Is Associated with Superior Academic Achievement in Elementary Schoolchildren. *J Am Coll Nutr*. 2016 May-Jun;35(4):326-33. doi: 10.1080/07315724.2015.1048381. Epub 2015 Dec 23. PMID: 26697955
- 59) Corcoran SP, Elbel B, Schwartz AE. The Effect of Breakfast in the Classroom on Obesity and Academic Performance: Evidence from New York City. *J Policy Anal Manage*. 2016

- Summer;35(3):509-32. doi: 10.1002/pam.21909. PMID: 27314139
- 61) Basch CE. Healthier students are better learners: a missing link in school reforms to close the achievement gap. *J Sch Health*. 2011 Oct;81(10):593-8. doi: 10.1111/j.1746-1561.2011.00632.x. PMID: 21923870
 - 62) Yang RJ, Wang EK, Hsieh YS, Chen MY. Irregular breakfast eating and health status among adolescents in Taiwan. *BMC Public Health*. 2006 Dec 7;6:295. doi: 10.1186/1471-2458-6-295. PMID: 17150112
 - 63) Miller DP, Waldfogel J, Han WJ. Family meals and child academic and behavioral outcomes. *Child Dev*. 2012 Nov;83(6):2104-20. doi: 10.1111/j.1467-8624.2012.01825.x. Epub 2012 Aug 7. PMID: 22880815
 - 64) McIsaac JL, Kirk SF, Kuhle S. The Association between Health Behaviours and Academic Performance in Canadian Elementary School Students: A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Nov 20;12(11):14857-71. doi: 10.3390/ijerph121114857. PMID: 26610537
 - 65) Faight EL, Gleddie D, Storey KE, Davison CM, Veugelers PJ. Healthy lifestyle behaviours are positively and independently associated with academic achievement: An analysis of self-reported data from a nationally representative sample of Canadian early adolescents. *PLoS One*. 2017 Jul 28;12(7):e0181938. doi: 10.1371/journal.pone.0181938. eCollection 2017. PMID: 28753617 Free PMC article.
 - 66) Kesztyüs D, Lauer R, Kesztyüs T, Kilian R, Steinacker JM; "Join the Healthy Boat" Study Group. Costs and effects of a state-wide health promotion program in primary schools in Germany - the Baden-Württemberg Study: A cluster-randomized, controlled trial. *PLoS One*. 2017 Feb 21;12(2):e0172332. doi: 10.1371/journal.pone.0172332. eCollection 2017. PMID: 28222101
 - 67) Kim HY, Frongillo EA, Han SS, Oh SY, Kim WK, Jang YA, Won HS, Lee HS, Kim SH. Academic performance of Korean children is associated with dietary behaviours and physical status. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2003;12(2):186-92. PMID: 12810409
 - 68) Fernández Morales I, Aguilar Vilas MV, Mateos Vega CJ, Martínez Para MC. Relation between the breakfast quality and the academic performance in adolescents of Guadalajara. *Nutr Hosp*. 2008 Jul